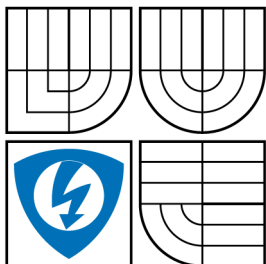


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV MIKROLEKTORNIKY



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

INTELIGENTNÍ MONITOROVACÍ ZAŘÍZENÍ

INTELLIGENT MONITORING DEVICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ZDENĚK NOSEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KADLEC, Ph.D.

BRNO 2008

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Zdeněk Nosek

Bytem:

Narozen/a (datum a místo): 13. 12. 1983, Frýdlant

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 244/53, 602 00, Brno

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

Prof. Ing. Vladislav Musil, CSc.

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1 Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☒ diplomová práce
- ☐ bakalářská práce
- ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Inteligentní monitorovací zařízení

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jaroslav Kadlec, Ph.D.

Ústav: Ústav Mikroelektroniky

Datum obhajoby VŠKP: 9. 6. 2008

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- | | | | |
|--|---|-----------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> tištěné formě | – | počet exemplářů | 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> elektronické formě | – | počet exemplářů | 1 |

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

ABSTRAKT:

Předkládaná diplomová práce se zabývá návrhem a realizací zabezpečovacího zařízení pro vozidla. Toto zařízení je schopno určit svoji polohu, zjistit narušení hlídaného prostoru a předat tyto informace vzdálenému nadřazenému systému. Nadřazený systém je schopný dle informací získaných od zabezpečovacího zařízení zobrazit jeho polohu na mapě. Práce popisuje jak samotné zabezpečovací zařízení z hlediska fyzického i programového, tak i programové vybavení nadřazeného systému.

ABSTRACT:

This master thesis discusses design and realization of a security device for vehicles. This device can determine its actual location, discover unauthorized trespass and send information about this to a distant master system too. This distant master system can show the exact position of the security device on a map. The hardware and software for this security device and the software for the master system are described in this paper.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Inteligentní monitorovací zařízení jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jaroslavu Kadlecovi, Ph.D. za metodické a cíleně orientované vedení při plnění úkolů realizovaných v návaznosti na diplomovou práci.

Seznam použitých symbolů a zkratk:

μC	Mikrokontrolér
<CR>	Carriage Return
<LF>	Line Feed
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BT	BlueTooth®
BTS	Base Transfer Station
CBS	Cell Broadcast messages
CTS	Clear To Send
DC	Direct Current
DCD	Carrier Detect
DIL	Dual In-Line package
DMUX	DeMultiplexer
DPH	Daň z Přidané Hodnoty
DPS	Deska Plošných Spojů
EEPROM	Electrical Erasable Programmable Read Only Memory
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile communication
Hex, (xx _h)	Hexadecimal
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
HW	Hardware
INT0	Interrupt 0
INT1	Interrupt 1
IP	Internet Protocol
ISP	In-System Programming
LAN	Local Area Network
Lat.	Latitude
Loc.	Location
Log.	Logická hodnota
Lon.	Longitude
MUX	Multiplexer
NiCd	Nickel-Cadmium battery
NiMH	Nickel-Metal Hydride battery
NMEA	National Marine Electronics Association
OEM	Original Equipment manufacturer
OS	Operační Systém
Pb	Lumbum – olovo
PDA	Personal Digital Assistant
PDU	Protocol Description Unit
RMS	Root Mean Square
RxD (RX)	Receive Data
SIM	Subscriber Identity Module
SMD	Surface Mounted Device

SMS	Short Message System
SPI	Serial Peripheral Interface bus
ss.	Stejnoseměrný
st.	Střídavý
SW	Software
TCP	Transmission Control Protocol
TQFP32	Thin Quad Flat Pack 32 pins
TTL	Transistor-Transistor Logic
TxD (TX)	Transmit Data
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
USB	Universal Serial Bus
UTC	Coordinated Universal Time
VCP	Virtual Com Port
VSP	Virtual Serial Port
WWW	World Wide Web

OBSAH

1	ÚVOD	12
2	ŘEŠENÁ PROBLEMATIKA	13
2.1	GPS – GLOBAL POSITION SYSTEM	13
2.2	GSM – GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATION	15
3	FYZICKÁ REALIZACE	17
3.1	BLOKOVÉ SCHÉMA	18
3.1.1	Mikrokontrolér	18
3.1.2	GPS – Global Position Systém	19
3.1.3	BlueTooth® modul	21
3.1.4	GSM modul	22
3.1.5	MUX - Multiplexor	24
3.1.6	Čidla pro zabezpečení stojícího automobilu	25
3.2	SCHÉMA ZAPOJENÍ	25
3.2.1	Blok mikrokontroléru	25
3.2.2	Vstupní blok	26
3.2.3	Blok Multiplexorů, demultiplexorů	28
3.2.4	BlueTooth® modul	29
3.2.5	Převodník RS232 ↔ TTL	30
3.3	DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ	31
4	PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ	34
4.1	TEORETICKÝ ROZBOR	34
4.1.1	Převod mezi PDU a ASCII formátem textu	34
4.1.2	Popis komunikace s mobilním telefonem pomocí AT příkazů	39
4.1.3	Popis komunikace GPS modulu - NMEA	40
4.2	ŘÍDÍCÍ PROGRAM PRO MIKROKONTROLÉR	44
4.2.1	Funkce použité pro ovládání mobilního telefonu - GSM.c	48
4.2.2	Funkce pro práci s daty obsahujícími pozici – gps.c	50
4.2.3	Funkce pro převod ASCII textu do formátu PDU a zpět – pdu.c	51
4.3	KLIENSKÁ APLIKACE PRO PC	51
4.3.1	Zobrazení příchozích zpráv z inteligentního monitorovacího zařízení	52
4.3.2	Zobrazení aktuální polohy inteligentního monitorovacího zařízení	52
4.4	KLIENSKÁ APLIKACE PRO PDA/POCKETPC	59
5	NASTAVENÍ, OVLÁDÁNÍ A PROVOZ	61
5.1	NASTAVENÍ PŘED UVEDENÍM DO PROVOZU	61
5.2	POPIS KONSTRUKCE SMS PŘÍKAZU	64
5.3	PROVOZ	65
5.4	ZÁLOŽNÍ NAPÁJENÍ	65

6	ZÁVĚR	69
7	POUŽITÁ LITERATURA.....	71
PŘÍLOHA A	SCHÉMA ZAPOJENÍ	74
PŘÍLOHA B	OBSAH PŘILOŽENÉHO CD.....	76
PŘÍLOHA C	ZDROJOVÉ KÓDY	78

1 Úvod

V dnešní době je ochrana majetku velkým tématem. Techniky pro zcizování cizích věcí se neustále zdokonalují, a proto musí být dokonalejší i zařízení, které mají tento majetek chránit. Na trhu existuje spousta zařízení, které mohou majetek zabezpečit. Pokud vezmeme například zabezpečení vozidel, tak jednou z nejúčinnějších zabezpečovacích technik je mechanické zabezpečení řadicí páky nebo volantu. Pokud se zaměříme na trh s elektronickými zabezpečovacími zařízeními, pak shledáme, že jsou zde levná zařízení, o jejichž bezpečnosti mohou být dohady a potom tu máme komplexní zabezpečovací zařízení s cenou blížíící se slušnému motocyklu a to díky měsíčním poplatkům, které si jejich provozovatel účtuje.

Tento projekt si klade za cíl vytvořit zabezpečovací zařízení, které po umístění do vozidla bude moci přesně určit jeho polohu kdekoli na území naší republiky. Základem celého projektu bude GPS modul. Tento modul bude připojen na vlastní komunikační zařízení skládající se z naprogramovaného mikrokontroléru, zajišťující komunikaci s mobilním telefonem, který bude schopen odeslat SMS informaci o aktuální poloze zařízení získanou pomocí GPS modulu. Podmětem pro odeslání SMS bude buď požadavek z oprávněného nadřazeného komunikačního systému, nebo autonomně na základě definovaných podmětů. Nadřazeným komunikačním systémem se rozumí buď mobilní telefon oprávněného uživatele vozidla, nebo telefonní ústředna, která by automaticky zjišťovala polohu vozidla v definovaných intervalech. Definovaným podmětem se rozumí reakce zjištěná některým z připojených čidel. Těmi může být například dveřní spínač osvětlení, čidlo otřesů, spínač osvětlení kufru nebo sepnutí odděleného autoalarmu.

Nadřazený komunikační systém bude tvořen modulem zajišťujícím komunikaci mezi mobilním telefonem a osobním počítačem, na kterém se bude, za pomoci vhodného programového vybavení, zobrazovat přesná poloha sledovaného vozidla na mapě.

2 Řešená problematika

Na trhu je dnes velké množství zabezpečovacích zařízení. Od „psychologických“ zařízení typu falešného alarmu s jednou blikající LE diodou, přes autonomní autoalarmy, které pro signalizaci vniku používají hlasité sirény, až po profesionální vyhledávací produkty, kde samotné zařízení tvoří jen zlomek ceny, kterou zákazník platí za tuto službu.

Projekt si klade za cíl co nejjednodušeji, nejúčelněji a nejlevněji navrhnout a vyrobit zabezpečovací zařízení pro automobil. Předností je použití navigačního systému GPS (Global Position System), jenž bývá zpravidla součástí jen těch nejdražších zabezpečovacích systémů. Díky němu je možné určit polohu vozidla s přesností na desítky centimetrů. Slabým místem tohoto systému je signál, respektive anténa, která musí být umístěna tak, aby měla výhled na oblohu a to proto, že GPS je systém založený na umělých družicích na oběžné dráze kolem Země.

To s sebou však nese riziko, protože k „zneškodnění“, tedy ke ztrátě signálu, stačí větší městská zástavba, podzemní garáže nebo jiné budovy, nebo úplně obyčejná hliníková folie. Jednou z možností je dobré maskování GPS antény, což u nákladních vozů není problém, ale u osobních vozů je její skryté umístění problematické. A navíc neřeší problém při skrytí celého vozu do budovy. Z toho důvodu je systém doplněn o možnost určit svoji polohu alespoň přibližně pomocí signálu mobilní sítě GSM. Přesnost určení polohy je závislá na počtu vysílačů mobilních operátorů v blízkém okolí. Z toho vyplývá vhodnost pro hustou městskou zástavbu, kde je vyšší hustota výskytu základnových stanic mobilních operátorů – tzv. BTS. Další výhodou je fakt, že GSM signál mobilních operátorů je dostupný i uvnitř budov, a tudíž je možné vysledovat i již ukryté vozidlo.

2.1 GPS – Global position system

Jedná se o družicový systém provozovaný ministerstvem obrany Spojených států amerických, s jehož pomocí je možné určit polohu kdekoli, kde je dostupný signál alespoň ze 4 družic. Na oběžné dráze kolem země je v tuto chvíli umístěno 31 aktivních družic, které jsou rozestaveny tak, aby na každém místě zeměkoule bylo „viditelných“ alespoň 6 družic.

Projekt GPS se začal budovat v 70. letech 20. století, kdy bylo v plánu jej využívat jen pro vojenské účely. Roku 1983 rozhodnul americký prezident Ronald Reagan o zpřístupnění části systému také pro civilní účely. Během 80. let bylo na orbitu vyneseno několik satelitů a probíhal zkušební provoz, který americké armádě umožňoval určit neúplnou polohu, tedy zeměpisnou šířku a délku. Celý systém byl plně zprovozněn a zpřístupněn také pro civilní použití 17. ledna 1994.

System je možné rozčlenit do 3 částí [1]:

- Kosmický
- Řídící
- Uživatelský

Kosmická část je v současnosti tvořena 31 družicemi na 6 kruhových drahách se sklonem 55° ve vzdálenosti přibližně 20 200 kilometrů nad zemským povrchem. Původně byly na každé dráze 4 družice, tedy 24 družic celkem. Neustále dochází k rozšiřování systému a počítá se s 6 družicemi na každou dráhu, což znamená celkem 36 družic. Každá družice nese 3 až 4 přesné atomové hodiny s cesiovým nebo rubidiovým oscilátorem, antény pro komunikaci v přidělených pásmech pro pozemní i vzájemnou komunikaci a detektory kontrolující dodržování zákazu zkoušek nukleárních zbraní.

Pro komunikaci bylo vyčleněno několik kmitočtů, které jsou vybrány speciálně tak, aby na ně měla atmosféra co nejmenší vliv [1].

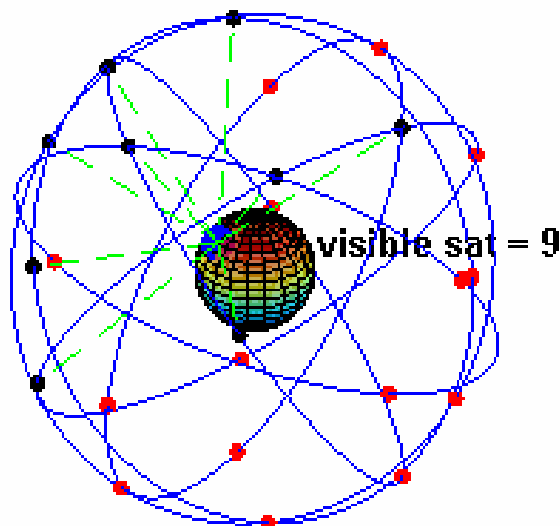
- L1 (1575,42 MHz), kde se vysílá C/A kód dostupný civilním navigačním stanicím a také vojenský P(Y) kód, který je šifrovaný a tedy dostupný jen pro autorizované uživatele
- L2 (1227,62 MHz), kde se výhradně vysílá vojenský kód P(Y)
- L3 (1381,05 MHz) obsahuje signály, které souvisí s další funkcí systému GPS družic, jakými jsou např. odhalování startů balistických raket, detekci jaderných výbuchů a dalších vysokoenergetických zdrojů IR záření
- L4 (1842,4 MHz) se využívá pro měření ionosférické refrakce¹
- L5 (1176,45 MHz) se plánuje využívat jako civilní Safety Of Life – SoL signál

Řízení celého projektu obstarává velitelství NAVSTAR headquarters na letecké základně Los Angeles v Kalifornii, USA. Dále provoz obstarávají 3 povelové stanice s pozemními anténami a 18 monitorovacích stanic.

Uživatelskou část tvoří samotné přijímače s navigačními systémy, které využívají signál NAVSAT-GPS družic. Pro civilní účely je přesnost určení polohy mezi 15 metry až 1 metrem dle počtu viditelných satelitů, refrakci, povětrnostním podmínkám a dalším vlivům. Do roku 1990 byla také do civilní frekvence L1 záměrně zanášena chyba, která způsobovala proměnnou odchylku v řádu desítek metrů.

¹ Refrakce – lom nebo také zakřivení dráhy elektromagnetického záření průchodem ionosférou

K určení pozice jsou potřeba minimálně 3 satelity ve viditelné části oblohy, tedy přibližně 5 - 10° nad obzorem. Pokud jsou dostupné právě 3 satelity, dojde k určení tzv. neúplné polohy, tedy pouze zeměpisné šířky a délky. Pokud jsou dostupné 4 satelity, může přijímač určit svoji plnou polohu. Kromě zeměpisné šířky a délky také výšku nad elipsoidem² a přesný čas.



Obr. 1: Oběžné dráhy satelitů [1]

V případě příjmu signálu z více než 4 družic je výsledná poloha váženým průměrem tak, aby družice s výhodnější polohou a kvalitnějším signálem měly vždy větší váhu. V prostoru České republiky je průměrně zároveň dostupných 8 družic, maximálně potom 12 družic a minimálně 6, což zaručuje po většinu doby bezproblémové určení polohy. [1] [2]

2.2 GSM – Global System for Mobile Communication

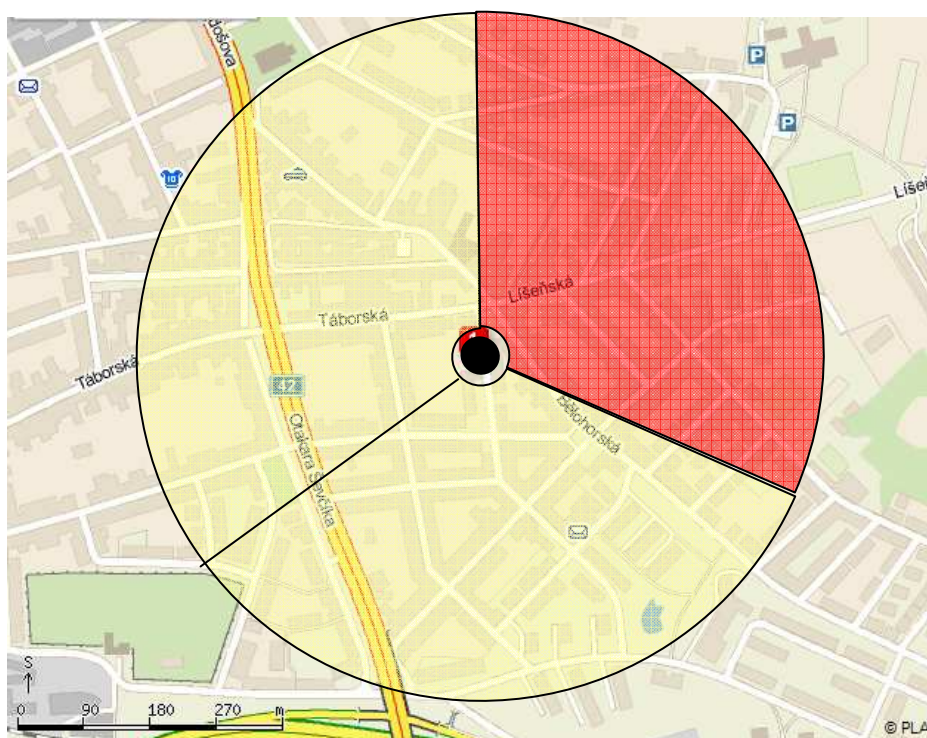
V Evropě nejrozšířenější systém mobilní komunikace. Jedná se o digitální rádiovou buňkovou síť. Díky tomu, že celá síť je rozdělena do buněk, a každá buňka se dá jednoznačně identifikovat, je možné využít pro hrubé určení oblasti výskytu právě údaj o buňkách, ke kterým je mobilní telefon přihlášen.

Určení pozice pomocí údajů získaných z GSM sítě je velice nepřesné, přesto v případě nemožnosti použití GPS jediné uspokojujivé. Přesnost se zvyšuje se zvyšujícím se počtem základnových stanic v okolí, tedy v centrech měst a obecně ve velkých zástavbách, které naopak nesvědčí lokalizaci pomocí GPS. Hlavní výhodou v zastavěných oblastech je to, že na rozdíl od GPS se GSM signál šíří i skrz zdi. Je tedy dostupný v objektech, v prostorech bez přímého výhledu na vysílač, zkrátka téměř všude. Dokonce je mnohdy dostupný i v objektech jakými jsou oplechované výtahy, tovární haly, podzemní garáže atd.

² Výšku nad elipsoidem poté pomocí vhodné aproximace přepočte na nadmořskou výšku

Princip určení polohy je tedy založený na získání informací o okolních BTS³ (buňkách) a přibližné vzdálenosti od nich. Ač je GSM zařízení přihlášeno vždy jen k jedné BTS stanici, musí mít přehled o ostatních BTS v dosahu, aby mohlo plynule přejít k jiné BTS v případě zhoršení signálu na stávající BTS stanici. GSM zařízení shromažďuje informace až o pěti okolních BTS stanicích spolu s intenzitou signálu, ze které se dá odhadnout vzdálenost od dané BTS.

Poloměr jedné buňky je v rozmezí od desítek metrů do 35 kilometrů, v reálu je maximální poloměr 20 kilometrů. Velké buňky bývají navíc rozděleny na dva až tři identifikovatelné sektory. Z toho vyplývá, že oblast, ve které se nachází lokalizované zařízení, je oproti GPS daleko větší. Většinou se jedná o oblast od 1 do 5 čtverečných kilometrů. I to však může značně usnadnit vyhledání vozidla. [3][4]



Obr. 2: Sektor buňky GSM

³ BTS – Base Transfer Station, základnová stanice mobilního operátora

3 Fyzická realizace

V původním záměru bylo použít mikrokontrolér ATMEGA128, který disponuje 2 sériovými porty a bylo by tak možné ovládat dvě externí zařízení najednou po sériové lince. Toto se však ukázalo jako zbytečné, protože současná komunikace 2 zařízení v reálném čase není potřeba. Komunikace po sériové lince je tedy přepínána pomocí multiplexorů. Využití zmíněného mikrokontroléru by bylo zbytečné i z hlediska počtu vstupně výstupních linek a vybavení mikrokontroléru a zbytečně by navýšilo cenu výsledného zařízení. Bylo tedy možné využít některý ze základních mikrokontrolérů řady AVR MEGA a to konkrétně AtMega8. Jeho specifiky plně dostačují předpokladům projektu. Vyhovuje jak počet vstupně-výstupních portů, tak i vybavení. Jak již bylo zmíněno, problematika komunikace se zařízeními, které využívají sériový port, byla řešena za pomoci multiplexorů a demultiplexorů, díky nimž je možné daleko účinněji propojovat jednotlivá zařízení s řídicím mikrokontrolérem nebo dokonce mezi sebou.

Dále byl do projektu zapracován BlueTooth® modul, který umožňuje využití GPS modulu i pro účely navigace pomocí přenosného počítače nebo PDA, vybaveného navigačním softwarem, přímo ve voze. Během využívání auta oprávněným uživatelem by totiž celý systém byl nevyužitý, což je z hlediska jeho ceny neefektivní, protože největší část výrobních nákladů představuje právě samotný GPS modul. Po doplnění o BlueTooth® modul tedy uživatel ušetří přibližně 2000,- Kč za pořízení BT-GPS navigačního modulu.

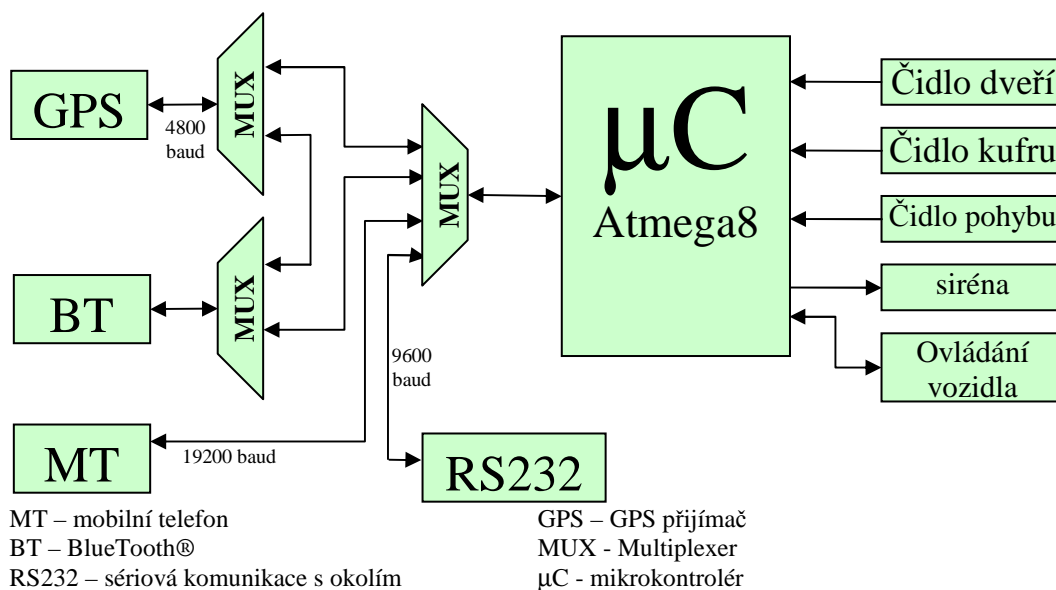
Systém disponuje čtyřmi galvanicky oddělenými vstupy pro zabezpečovací čidla. Tyto čidla je také možné spojovat paralelně, takže na jeden vstup je možné připojit několik čidel stejného typu. Dále je možné interně připojit další 4 čidla, ty již však nejsou galvanicky odděleny, může se jednat o čidla náklonu, nebo zrychlení tak, aby bylo možné zjistit jakoukoliv manipulaci s vozidlem.

Dále byla doplněna možnost ovládat vozidlo pomocí 3 výstupů ovládaných buď autonomně na základě naprogramovaného postupu, nebo pomocí SMS příkazů. Jedná se o dva tranzistorové výstupy (galvanicky neoddělené) a jeden reléový výstup (galvanicky oddělený). Interně je také možné využít volných vstupně/výstupních bran mikrokontroléru pro připojení modulů ovládaných TTL signálem a to například pro sirénu.

3.1 Blokové schéma

Základní bloky popsané výše komunikují s mikrokontrolérem pomocí standardní sériové sběrnice s TTL napěťovými úrovněmi. Jelikož každý blok komunikuje na jiné rychlosti, musí být mikrokontrolér schopen měnit komunikační rychlost dle požadavků protistrany.

Vstupy od čidel jsou připojeny samostatně přímo na porty zmíněného mikrokontroléru. Stejně tak je tomu i u výstupů. Celkové blokové schéma je uvedeno na Obr. 3.



Obr. 3: Blokové schéma GPS-GSM zabezpečovacího zařízení

3.1.1 Mikrokontrolér

Jak již bylo zmíněno, pro řízení celého zařízení bude použit mikrokontrolér AtMega8. Jedná se základní obvod z řady AVR MEGA od společnosti ATMEL. Ač se jedná o nejjednodušší obvod z této řady produktů, je plně dostačující. Z důvodu úspory místa bude použit mikrokontrolér v pouzdru TQFP32.

Vybavení AtMega8 [5]:

- hardwarový USART
- 2 x 8 bitový čítač/časovač 1 x 16 bitový čítač/časovač
- SPI sběrnice
- 6 kanálový AD převodník
- analogový komparátor
- 2 vstupy pro externí přerušení

3.1.2 GPS – Global Position Systém

Na počátku se počítalo s využitím GPS modulů určených pro PDA⁴, které komunikovaly po sériové sběrnici RS-232 a bylo by tedy možné je jednoduše připojit. Bohužel s vývojem trhu PDA a obecně přenosných zařízení se daleko více začaly prosazovat periférie se sběrnici USB. Tím došlo úplně k vytlačení periférii, a tedy i GPS modulů, používajících sběrnici RS-232, z trhu. Použití mikrokontroléru obsahujícího USB port, popřípadě úplná softwarová implementace USB by neúměrně zkomplikovala realizaci.

GPS moduly určené do USB portu však neustále interně komunikují po sériové sběrnici a obsahují převodník RS-232 ⇔ USB. Jako řešení se tedy nabízelo použití modulu určeného pro USB sběrnici a vyřadit z provozu zmíněný převodník. Takto upravený modul byl použit v testovacím zapojení. Ovšem pracnost takovéto úpravy, vzhledem k používaným technologiím montáže SMD součástek s malou roztečí vývodů, ukázala, že tudy cesta nepovede.

Masové rozšíření navigačních systému však vedlo ke snížení ceny modulů, které pro komunikaci používají místo USB nebo RS-232 bezdrátovou technologii Bluetooth®. Jejich podstata je taková, že obsahují GPS modul komunikující po sériové sběrnici s Bluetooth® modulem. Ten pracuje v režimu VSP⁵, tedy pouze přebírá sériovou komunikaci z GPS modulu a vysílá ji bezdrátově k připojenému zařízení s navigačním softwarem. Po rozebrání takového navigačního modulu tedy snadno získáme jak GPS modul komunikující po sériové sběrnici, tak i Bluetooth® modul.

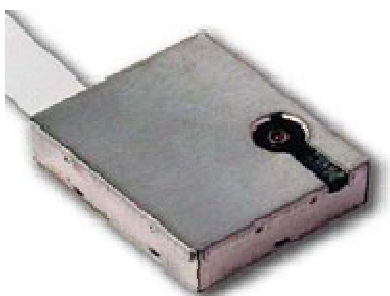
Pro finální verzi byl vybrán BT-GPS modul FUZION BT1.5MR. Tento modul uvnitř obsahuje modul GPS přijímače Semtech RGPSM002. K plné funkčnosti tedy stačí doplnit o GPS anténu, která je samozřejmě také součástí FUZION BT1.5MR, a připojit napájení 3,3 Voltu.

Zmíněný GPS modul Semtech RGPSM002 je postaven na softwarově-hardwarové architektuře XEMICS XE1610-OEMPVT. Je umístěn v kovovém pouzdru, čímž se výrazně zlepšil odolnost proti rušení i vyzařování do okolí. Je vybaven přípojným místem pro anténu a pohyblivým příívodem. Díky řídicím signálům je možné jednoduše GPS modul uvést do režimu snížené spotřeby s možností rychlého (teplého) startu, což má za následek rychlejší zjištění aktuální polohy, než jak je tomu v situaci, kdy je GPS modulu odpojováno přímo napájecí napětí.

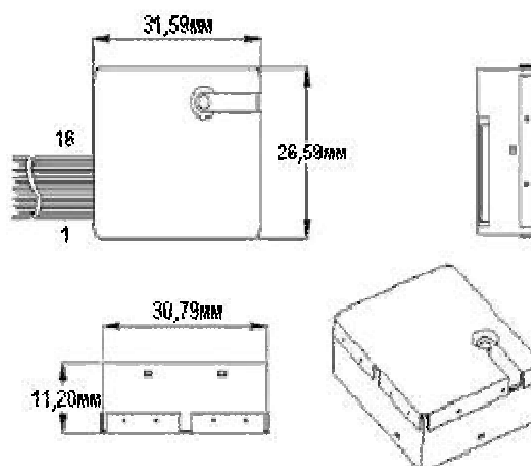
Pomocí pružného kabelu jsou vyvedeny signály pro sériovou komunikaci, řízení pracovního režimu a odběru zařízení, a také vodiče pro připojení napájecího napětí. Jejich popis je uveden v Tab. č. 1.

⁴ PDA – personal digital assistant, kapesní počítač

⁵ VSP – Virtual Serial port, virtuální bezdrátový sériový port



Obr. 4: GPS přijímač RGPS002M [6]



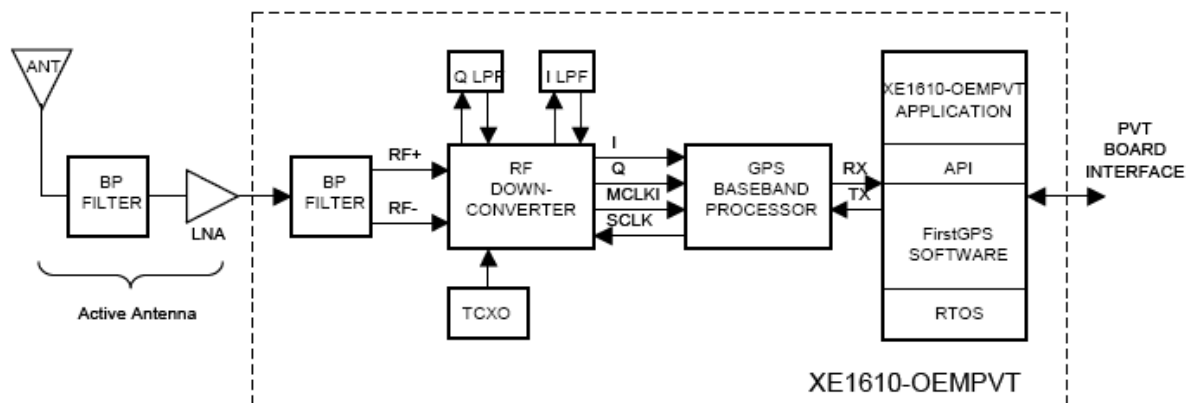
Obr. 5: Rozměry GPS přijímače RGPS002M [6]

Pohyblivý přívod obsahuje 16 vodičů určených pro napájení, sériovou komunikaci a nastavení vlastního GPS přijímače.

Tab. č. 1: Popis vývodů GPS přijímače RGPS002M [6]

Vývod	Název	Typ	Popis
1	GND	nap.	Signálový i silový nulový potenciál
2	ON/OFF	vstup	Zapnutí / vypnutí GPS modulu
3	VCC	nap.	Napájení modulu – stejnosměrné 3,0 V – 3,6 V
4	USPED	vstup	Výběr komunikační rychlosti („H“–9600 B, „L“–4800 B)
5	RXA	vstup	Příjem dat po sériovém portu
6	VRCBK	nap.	Napájení ze záložní baterie
7	TXA	výstup	Vysílání dat po sériovém portu
8	PPS	výstup	Každou sekundu vyšle puls
9	GND	nap.	Signálový i silový nulový potenciál
10	RESETN		Manuální reset zařízení, aktivní úroveň „L“
11			Nezapojen
12	STY1	vstup	Pro budoucí použití
13			Nezapojen
14	STY0	vstup	Pro budoucí použití
15			Nezapojen
16	STANDBY	vstup	„Stand-by“ režim nízkého odběru, aktivní úroveň „L“

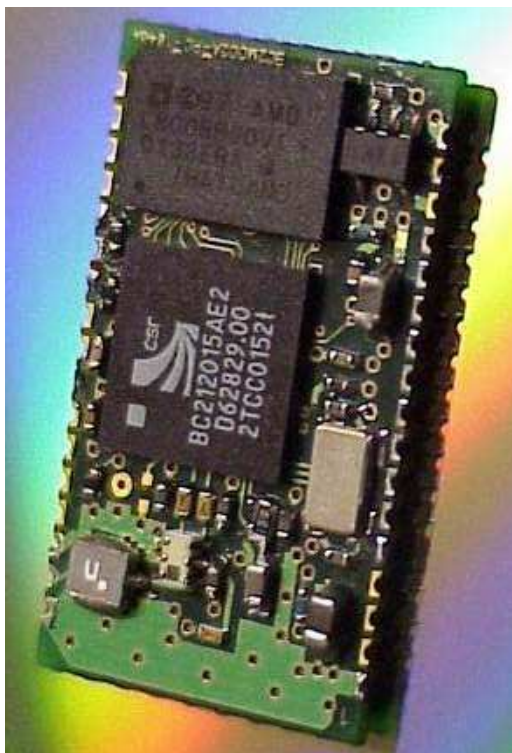
Komunikace mezi mikrokontrolérem a GPS přijímačem bude zajištěna po sériové lince využívající signály RXD a TXD. Půjde o klasickou komunikaci 8N1, tedy 1 start bit, 8 datových bitů a jeden stop bit. Základní přenosová rychlost je 4800 Baudů. Rychlost je možné volit mezi 4800 Baudů a 9600 Baudů. Tato volba se provádí logickou úrovní na vstupu USPED. V zařízení se bude využívat základní komunikační rychlost, tedy 4800 baudů.



Obr. 6: Blokové schéma GPS modulu [6]

3.1.3 BlueTooth® modul

Ve vybraném BT-GPS zařízení FUZION BT1.5MR je použit BlueTooth® modul RainSun BT 20. Jedná se o modul pracující s napájecím napětím 3,3 Voltu.



Obr. 7: BlueTooth® modul BT 20 [7]

1	GND	GND	34
2	N.C.	RF_Out	33
3	N.C.	GND	32
4	AIO(0)	PIO(0)	31
5	AIO(1)	PIO(1)	30
6	RESET	PIO(2)	29
7	SPI_MISO	PIO(3)	28
8	SPI_CSB	PIO(4)	27
9	SPI_CLK	PIO(5)	26
10	SPI_MOSI	PIO(6)	25
11	UART_CTS	PIO(7)	24
12	UART_TX	USB_DN	23
13	UART_RTS	USB_DP	22
14	UART_RX	PCM_CLK	21
15	1V8	PCM_IN	20
16	3V3	PCM_SYNC	19
17	GND	PCM_OUT	18

Obr. 8: Vývody modulu BT 20 [8]

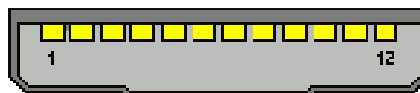
Základem modulu BT20 je integrovaný obvod BC212015[9] s jádrem BlueCore2 od firmy CSR. Tento čip umí, mimo jiné, komunikovat pomocí SPP – bezdrátová náhrada sériového portu, což je přesně to, co je potřeba pro možnost využívat celé zařízení také jako navigaci.

3.1.4 GSM modul

Pro hlášení alarmu se využívá přenos dat pomocí sítě GSM, tedy sítě určené pro mobilní telefony. V zařízení může být použit jak GSM modem, tak i standardní mobilní telefon podporující sériovou komunikaci a ovládání pomocí AT příkazů. V zařízení bude použit mobilní telefon SIEMENS. Je k tomu hned několik důvodů:

- Všechny telefony SIEMENS používají podobné datové konektory, tudíž se dají jednoduše nahradit za novější typ v případě potřeby
- Valná většina může být ovládána pomocí AT příkazů po sériové lince s napětovými úrovněmi TTL. Což je největší výhoda oproti např. nejrozšířenějším telefonům značky NOKIA
- Cena – starší plně funkční přístroje se pohybují v rozmezí 200 – 500 Kč
- Dostupnost
- V případě větších sérií se dají jednoduše nahradit GSM modemy od stejného výrobce a to bez nutnosti větších zásahů do firmware mikrokontroléru
- Díky malým rozměrům jednoduchá zástavba do společné krabičky s vlastním zařízením alarmu

V samotném zařízení byl použit SIEMENS M35, jenž je bezproblémově nahraditelný kterýmkoliv telefonem z řady x35. U této řady telefonů je nejčastěji se vyskytující poruchou nefunkčnost mikrofону nebo reproduktoru. Pro tuto aplikaci jsou však postradatelné.



Obr. 9: datový konektor telefonů SIEMENS x35 a x25

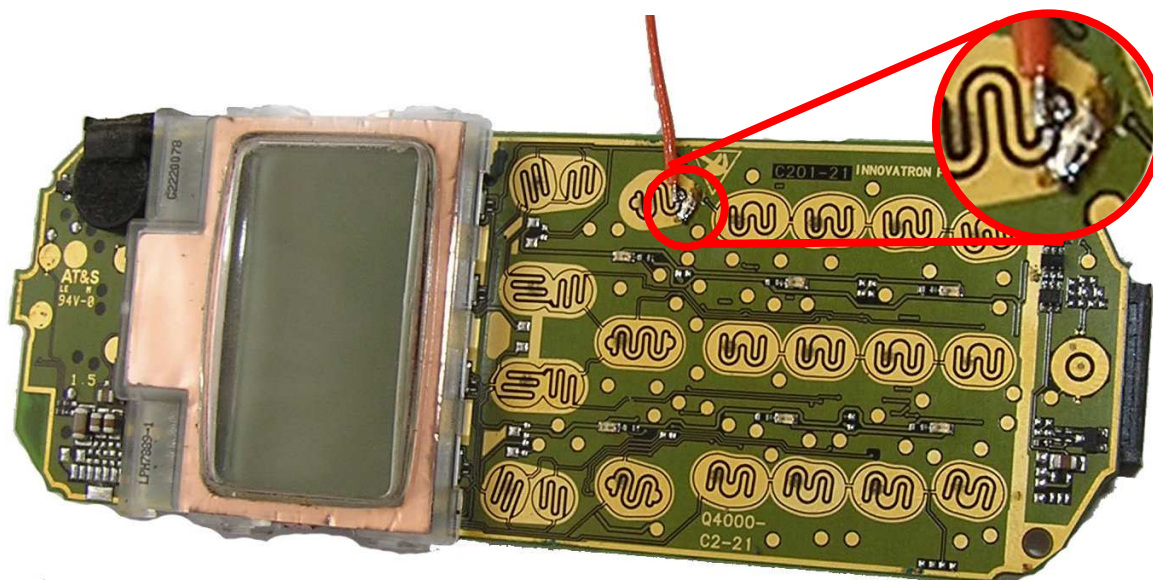
Tab. č. 2: Popis vývodů datového konektoru u telefonů SIEMENS x35 a x25

vstup	Název	směr	popis
1	GND	-	Záporný pól napájení
2	SELF-SERVICE	vs/výst	stav/řízení nabíjení baterie
3	LOAD	vstup	Nabíjecí napětí (pouze C/S35)
4	BATTERY	výstup	Baterie (pouze u S25)
5	DATA OUT (TX)	výstup	Data odesílání
6	DATA IN (RX)	vstup	Data příjem
7	Z_CLK	-	Časová linka pro užití jako DCD
8	Z_DATA	-	Datová linka pro užití jako CTS
9	MICG	-	Signálová zem pro mikrofón
10	MIC	vstup	Mikrofonní vstup
11	AUD	výstup	Reproduktor (sluchátko)
12	AUDG	-	Signálová zem pro reproduktor

V případě, že budeme používat standardní mobilní telefon, je potřeba jej upravit tak, aby bylo možné ho v případě potřeby zapnout pomocí mikrokontroléru. Dále je potřeba upravit napájení, respektive baterii, mobilního telefonu. U mobilních telefonů SIEMENS je nevýhodou fakt, že pokud je mobilní telefon neustále připojen k napájení (nabíjí se), tak po nabití baterie na 100% dojde k programovému odpojení nabíjení a napájení z baterie, bohužel však již telefon není schopen v případě vybité baterie zpětně programově připojit napájení a tím dobít baterii. Nejjednodušším řešením je tedy baterii nezapojovat a napájet mobilní telefon přímo z aplikace

V případě, že použijeme mobilní telefon SIMENS C35 nebo S35, je zapnutí mobilního telefonu velice jednoduché. Datový konektor těchto typů totiž disponuje vstupem č.3 - LOAD (viz. Tab. č. 2). V případě potřeby stačí na tento vstup přivést kladné napětí o logické úrovni H a dojde k zapnutí mobilního telefonu. To ovšem jen v případě vypnutého telefonu, pokud by již telefon byl zapnutý, dojde k jeho vypnutí.

V případě ostatních telefonů SIEMENS je potřeba provést zásah přímo do telefonu, pokud chceme spouštět telefon softwarově. Jedná se o zásah do klávesnice (Obr. 10) mobilního telefonu a tudíž je postup u všech modelů podobný.



Obr. 10: Úprava mobilního telefonu – zapnutí pomocí mikrokontroléru

Je potřeba najít kontakt pro tlačítko, které zapíná telefon, u naprosté většiny telefonů SIEMENS se jedná o tlačítko s obrázkem červeného telefonu, tedy stejné, jakým se ukončuje hovor. U starších typů je klávesa ve formě meandru obklopeného vodivou plochou připojenou na nulový potenciál u novějších potom kovovým ohebným plíškem nad dvěma kontakty. K sepnutí dojde, pokud se signál připojený na meandr připojí na nulový potenciál. Stačí tedy k meandru připojit vodič a ten přivést na mikrokontrolér.

Při návrhu plošného spoje a během tvorby řídicího programu pro mikrokontrolér musíme brát v úvahu, že logický signál má aktivní úroveň „L“ a vzhledem k přítomnosti napětí, přibližně 2 volty, na kontaktu v případě nečinnosti, je nutné chránit vstup telefonu zenerovou diodou nebo výstup mikrokontroléru uvést vždy do stavu vysoké impedance. Také musíme při tvorbě řídicího programu mikrokontroléru vzít v potaz, že spuštění se neprovede pouhým připojením logické úrovně „L“, ale tato logická úroveň musí být připojena minimálně 3 vteřiny, abychom měli jistotu, že došlo ke spuštění mobilního telefonu.

V případě, že budeme mobilní telefon napájet z napájecího napětí aplikace je potřeba vytvořit jakousi „virtuální“ baterii. Standardní baterie má napětí mezi 4 a 4,7 volty a napájecí napětí aplikace je 5 voltů. K vytvoření úbytku napětí 0,3 – 1 volt stačí, když mezi napájecí napětí zařízení a napájecí vstup mobilního telefonu vložíme obyčejnou usměrňovací diodu. Ta zajistí úbytek přibližně 0,6 voltu a zároveň bude mobilní telefon chránit před přepólováním napájecího napětí.

V případě použití GSM modulu, jakým je například MC35i nebo MC39i, tyto činnosti samozřejmě odpadají z důvodu absence zapínacího tlačítka a baterie. Zmíněné moduly vyžadují externí napájení a spustí se ihned, jakmile se napájecí napětí připojí.

3.1.5 MUX - Multiplexor

Vzhledem k tomu, že pro komunikaci využívá mikrokontrolér jedinou bránu určenou pro sériovou komunikaci, je potřeba určitým způsobem přepínat mezi jednotlivými perifériemi. K tomu se dají nejlépe použít multiplexory a demultiplexory. Jako nejvhodnější se ukázaly integrované obvody 4052N [10] a 74HCT4053 [11]. V obou případech se jedná o multiplexory/demultiplexory. Což je pro tento případ nezbytné, protože jeden signál (TxD) je brán jako vstupní a jeden (RxD) je brán jako výstupní. Je tedy potřeba, z hlediska signálu, jeden signál multiplexovat a druhý demultiplexovat.

Integrovaný obvod HEF4052N je dvojnásobný čtyř-vstupový multiplexor/demultiplexor se vstupem pro povolení činnosti. Dokáže pracovat jak se symetrickým, tak i nesymetrickým napájením. Typický odpor v sepnutém stavu je $80\ \Omega$ pro napájení 5 V. Maximální proud spínačem je $\pm 20\text{ mA}$. Tento obvod se stará o připojování 1 ze 4 periférií k sériovému portu mikrokontroléru.

74HCT4053 je trojnásobný dvouvstupový multiplexor/demultiplexor se vstupem pro povolení činnosti. Má stejné parametry jako 74HCT4052, tj. typický odpor v sepnutém stavu je $80\ \Omega$ pro napájení 5 V. Maximální proud spínačem je $\pm 20\text{ mA}$. Dvojice těchto obvodů obstarává vzájemné propojení GPS modulu a Bluetooth®, tak aby se dal použít pro navigaci, nebo spojuje GPS modul s mikrokontrolérem, aby bylo možné určit polohu. V obou případech jsou použity vývodové verze obvodů v pouzdrech DIL.

3.1.6 Čidla pro zabezpečení stojícího automobilu

Jako základ budou sloužit zabudované senzory otevření dveří. Jejich připojení je závislé na modelu příslušného vozidla. Stejně tak tomu bude i u čidla otevírání zavazadlového prostoru. Dále je možné zapojit čidlo náklonu. V základní verzi nebude využito z důvodu vysoké ceny senzoru. Jako senzor se dá využít gyroskop, například ADXRS150 od ANALOG Devices, kdy cena tohoto senzoru je 50\$, v přepočtu okolo 1000 Kč, což by neúměrně zvýšilo náklady na stavbu alarmu.

K alarmu je možné připojit 4 externí čidla, tato čidla musí při reakci aktivovat na vstupu inteligentního monitorovacího zařízení napětí v rozmezí 5 V – 12 V. Vstupy od senzorů vozidla jsou galvanicky odděleny pomocí optočlenů PC817, které mají za cíl ochránit elektroniku alarmu před zničením. Výstupy optočlenů jsou napojeny na hradlo NAND, které generuje externí přerušení pro mikrokontrolér v případě, že některý ze senzorů zareagoval na podnět. V zapojení je použito 8 vstupní hradlo a je tudíž možné připojit interně ještě další 4 senzory. Ty by už ale musely mít vlastní galvanické oddělení, popřípadě být přímou součástí zařízení

Každý ze 4 senzorových vstupů je připojen nejen k hradlu NAND, ale také přímo k vstupně výstupní bráně mikrokontroléru, a díky tomu je možné identifikovat zdroj přerušení a informovat pomocí SMS zprávy s přesným údajem o typu narušení prostoru vozidla.

3.2 Schéma zapojení

Celkové schéma zapojení (Příloha A) blíže konkretizuje výše uvedené blokové schéma (Obr. 6) zařízení.

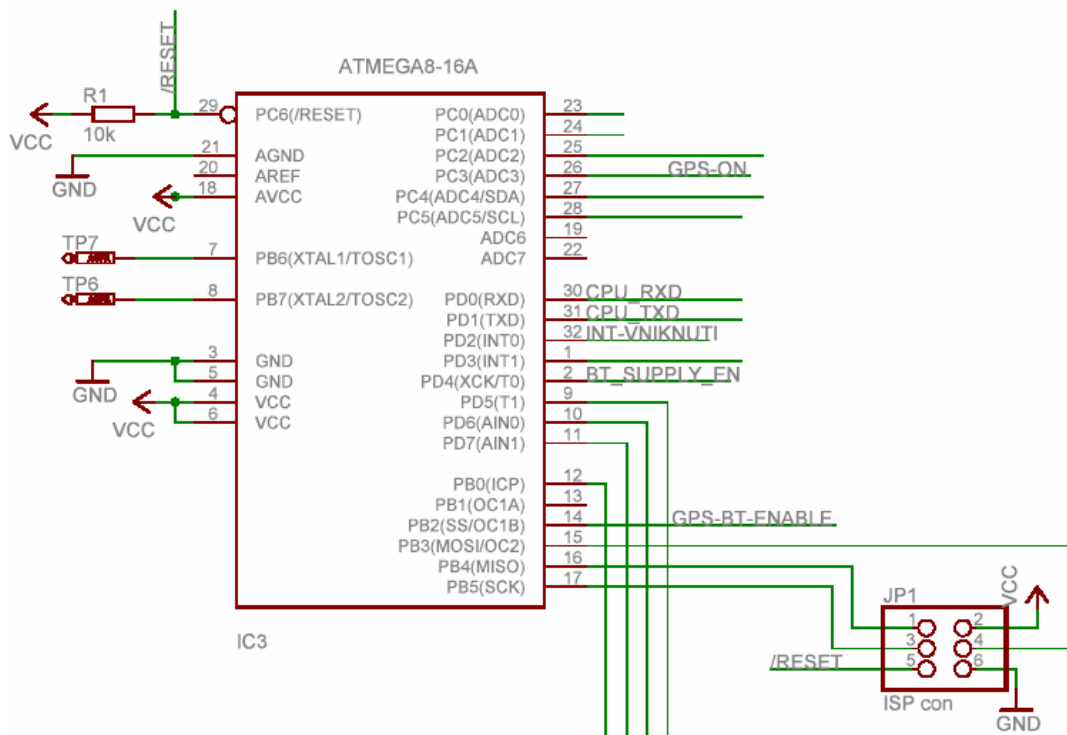
3.2.1 Blok mikrokontroléru

Zapojení mikrokontroléru vychází z doporučeného zapojení uvedeného v [5]. Mikrokontrolér využívá interní hodiny o taktu 8 MHz. Kontakty pro externí krystal jsou vyvedeny na desku plošných spojů z důvodu ISP⁶ programování pomocí sběrnice SPI⁷. Toto opatření je nutné, protože mikrokontroléry Atmel během ISP programování vyžadují připojení externího krystalu. Kontakty použité k připojení krystalu nebo k připojení samotné programovací sběrnice SPI mohou být poté využity v běžném provozu mikrokontroléru i k jiným účelům. Například jako standardní vstupně/výstupní brány nebo jako výstup

⁶ ISP – In-System Programming – programování mikrokontroléru přímo v cílové aplikaci

⁷ SPI – Serial Peripheral Interface bus – Synchronní seriová datová sběrnice

čítače/časovače 2 u vývodu označeného jako PB3. Na Obr. 11 je zobrazeno připojení sběrnice SPI k mikrokontroléru spolu se zapojením 6 pinového programovacího konektoru ISP.

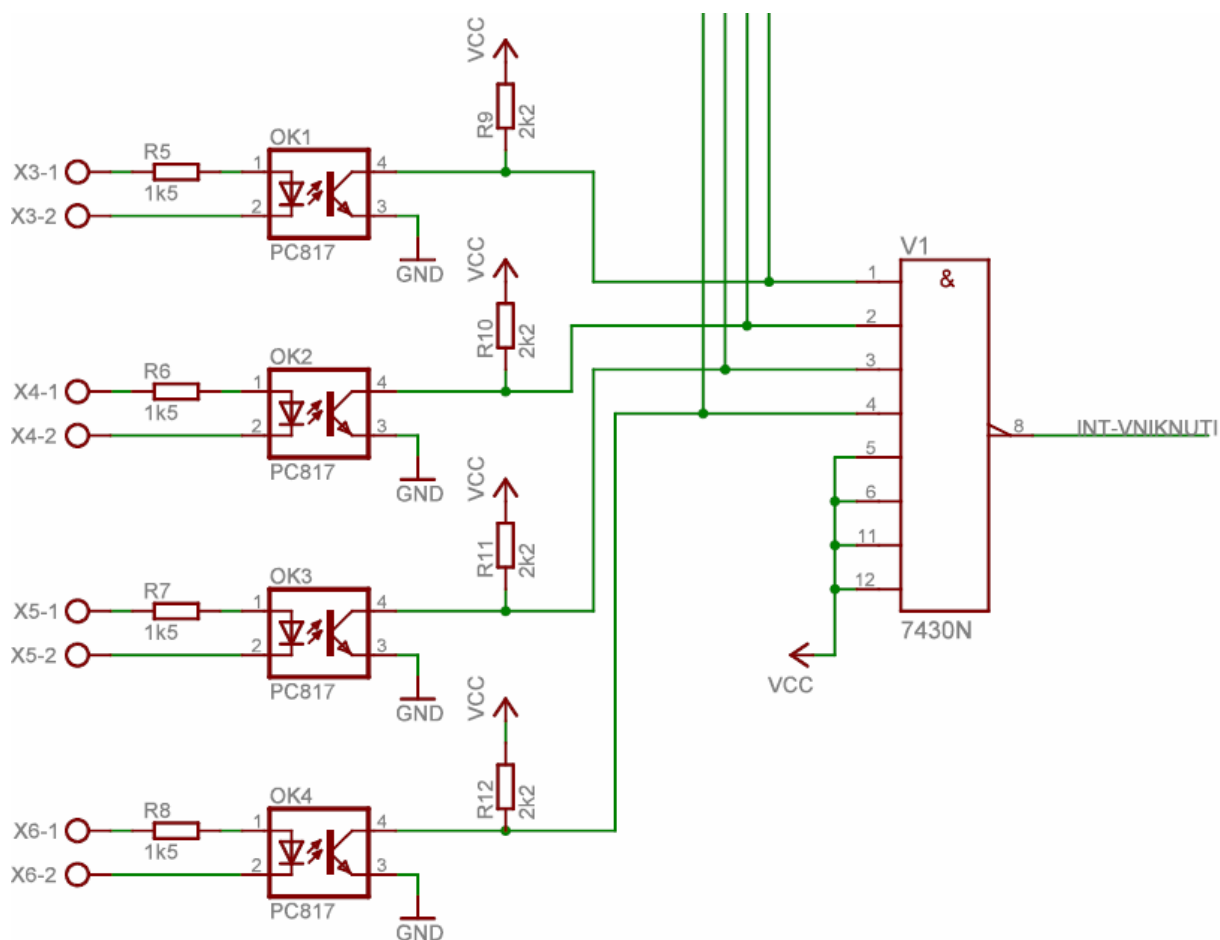


Obr. 11: Schéma zapojení mikrokontroléru

3.2.2 Vstupní blok

Vstupním blokem se rozumí část obvodu, která se stará o vstupní signály, jenž přichází do zařízení od externích čidel. Tyto vstupy jsou galvanicky odděleny pomocí optočlenů PC817 [12]. Vstupní provozní (spínací) napětí se může pohybovat v rozmezí 4 – 14 V. Izolační napětí je dle [12] 5 kV RMS⁸ s garancí po dobu 1 minuty. Vznik takového napětí je v palubní síti automobilu velmi nepravděpodobný, zvláště pak po tak dlouhou dobu, a proto takovou ochranu můžeme prohlásit za spolehlivou a bezpečnou.

⁸ Root Mean Square – efektivní hodnota



Obr. 12: Obvodové zapojení vstupů inteligentního monitorovacího zařízení

Hodnoty odporů R5 – R8 jsou stanoveny pro vstupní napětí $U_{vst} = 5 - 12$ V a proud do výsílací diody $I_{DF} = 5$ mA. Pro tento rozsah napětí se dle Ohmova zákona spočítá hodnota rezistorů R5 – R8 takto:

$$R_{5-8 \max} = \frac{U_{vst}}{I_{FD}} = \frac{12}{0,005} = 2400 \, \Omega$$

$$R_{5-8 \min} = \frac{U_{vst}}{I_{FD}} = \frac{5}{0,005} = 1000 \, \Omega$$
(1)

Z toho vyplývá, že hodnota odporů musí být v rozmezí 1 k Ω až 2,4 k Ω . Zvolena byla hodnota přibližně uprostřed daného intervalu a tedy 1,5 k Ω . Odpovídající proudy tedy budou:

$$I_{FD \max} = \frac{U_{vst}}{R_{5-8}} = \frac{12}{1500} = 8 \, mA$$

$$I_{FD \min} = \frac{U_{vst}}{R_{5-8}} = \frac{5}{1500} = 3,3 \, mA$$
(2)

U rezistorů R9 – R12 je výpočet ještě jednodušší díky tomu, že se pracuje jen s jedním napájecím napětím a to 5 V. Proud optotranzistorem byl stanoven na 2 mA. Takto nízkou hodnotu si můžeme dovolit, protože z výstupu neodebíráme žádný proud, jen snímáme napětí.

$$R_{5-8} = \frac{U_{nap} - U_{CEsat}}{I_{tr}} = \frac{5 - 0,6}{0,002} = 2700 \, \Omega \quad (3)$$

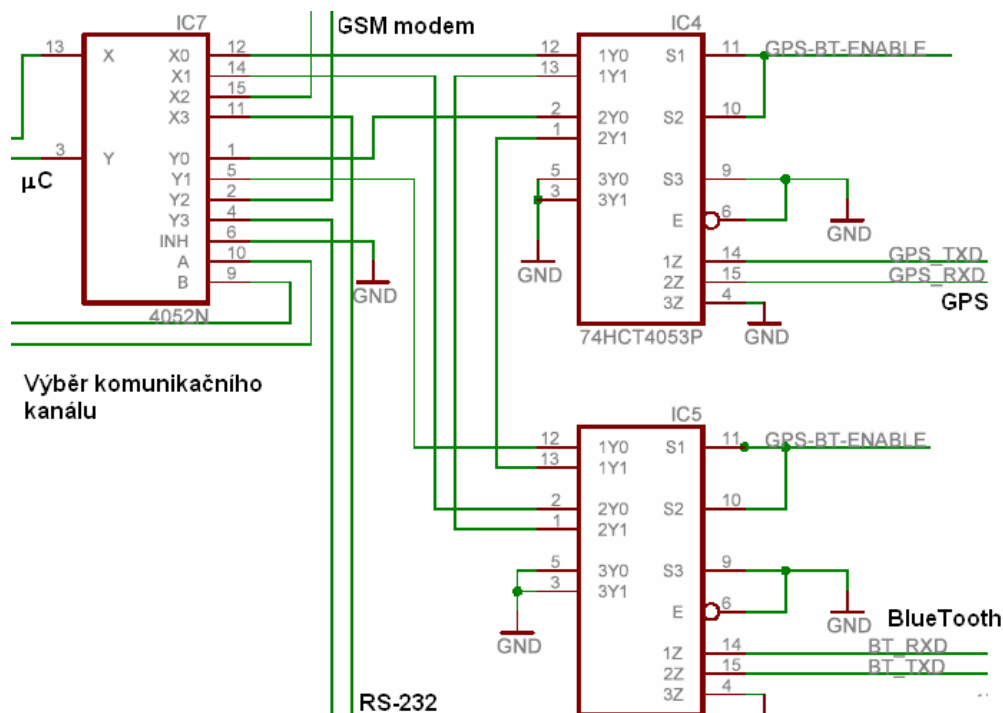
Vybereme nejbližší nižší hodnotu odporu, kterou nabízí řada E12 a to 2200 Ω .

Funkce Integrovaného obvodu 74HC30 (hradla NAND) [13] je zřejmá z celkového schématu (Příloha A). Externí senzor zareaguje na definovaný podmět a na vstup inteligentního monitorovacího zařízení připojí napětí v definovaném rozmezí. Toto napětí aktivuje příslušný optočlen, který na svém výstupu sepne tranzistor. Jím začne procházet proud a na tranzistoru se vytvoří úbytek napětí odpovídající napětí U_{CE} daného optotranzistoru. Tím dojde k připojení logické úrovně „L“ na vstup hradla NAND. Což způsobí změnu logické úrovně na výstupu hradla. Výstup hradla je připojen ke vstupu mikrokontroléru INT0, který vyvolá programové přerušení. Mikrokontrolér během vykonávání podprogramu přerušení zjistí, který ze 4 vstupů způsobil toto programové přerušení. Důvodem k použití hradla NAND pro vyvolání přerušení je fakt, že mikrokontrolér AtMega8 disponuje pouze dvěma vstupy pro externí přerušení (INTx).

3.2.3 Blok Multiplexorů, demultiplexorů

Vhledem k přítomnosti několika zařízení komunikujícím po sériovém portu je potřeba, aby měl mikrokontrolér možnost zvolit, jaká bude komunikační cesta, tedy které zařízení bude s kterým komunikovat. Princip zapojení a komunikační cesty, včetně přepínačů označených jako *MUX*, jsou patrné z blokového schématu zařízení na Obr. 3. Samotné obvodové zapojení je na Obr. 13. Zvolené integrované obvody mohou jednoduše pracovat i s nesymetrickým napájením a tudíž jsou velice vhodné pro zařízení napájené z baterie.

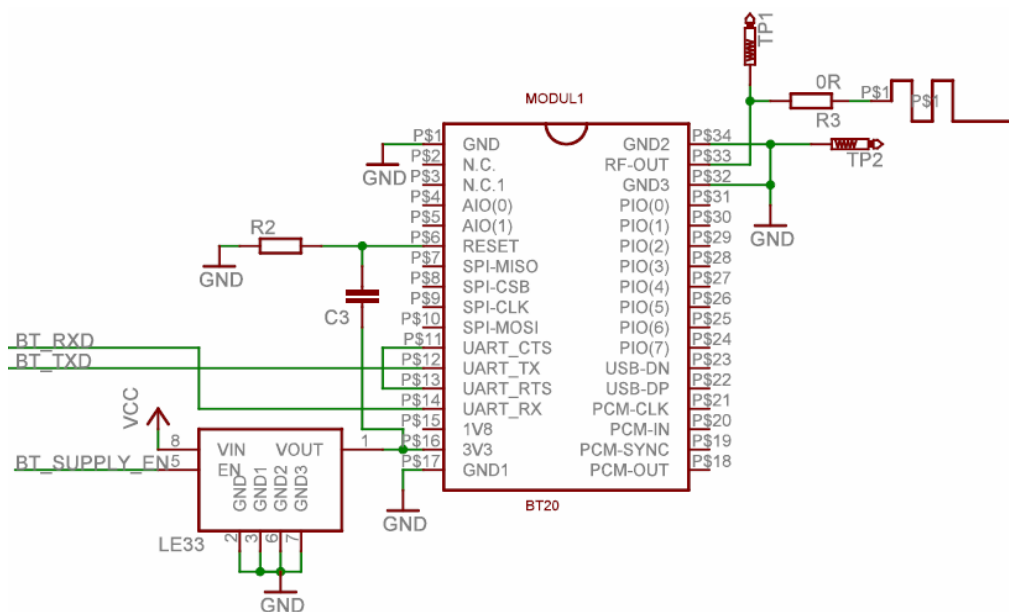
Mezní rychlost pomalejšího z těchto obvodů se pohybuje okolo 17 MHz [10], což je pro rozsah komunikačních rychlostí, které aplikace využívá, plně dostačující.



Obr. 13: obvodové zapojení multiplexorů a demultiplexorů

3.2.4 Bluetooth® modul

Celou Bluetooth® komunikaci obstarává modul BT20, který ke své práci potřebuje jen externí odpor, kondenzátor a připojenou anténu. Jelikož však chybí ovládací vstup pro přechod do úsporného režimu, je z důvodu omezení spotřeby nutné v případě nepotřebnosti modul vypnout. O to se stará integrovaný obvod LE33CD, což je 3,3 Voltový nízkoubytkový stabilizátor s ovládacím vstupem.

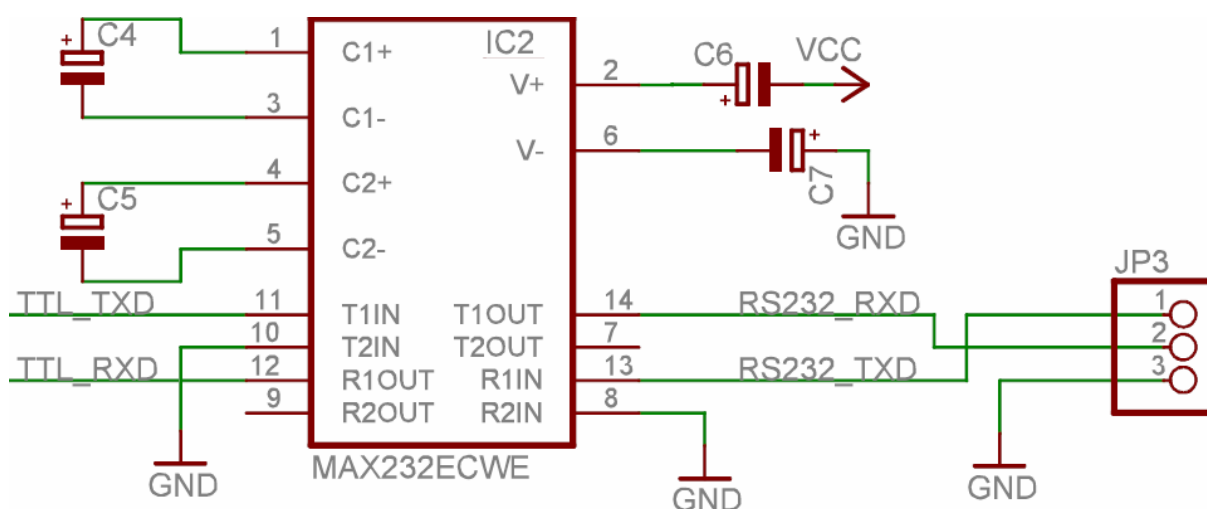


Obr. 14: Obvodové zapojení Bluetooth® modulu BT20

Obvod LE33CD je použit v pouzdru SOIC8, které disponuje oproti pouzdru TO92 vstupem pro řízení výstupu v režimu zapnuto/vypnuto.

3.2.5 Převodník RS232 ⇔ TTL

Blok převodníku napěťových úrovní vychází z katalogového zapojení dle [24]. Převodník RS-232 ⇔ TTL by mohl být jednoduše přemostěn a místo něj připojit převodník USB ⇔ TTL. Tyto převodníky se vyrábí již přímo integrované do přívodního kabelu, a tudíž stačí připojit konektor a je možné komunikovat. Jako příklad je na Obr. 16 uveden integrovaný převodník USB ⇔ TTL od firmy FTDI.



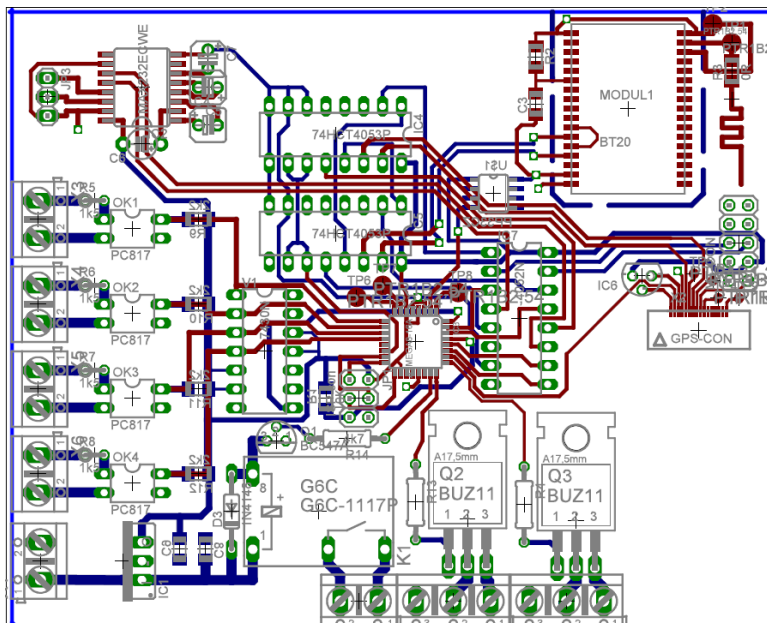
Obr. 15: Obvodové zapojení převodníku úrovní RS232 ⇔ TTL



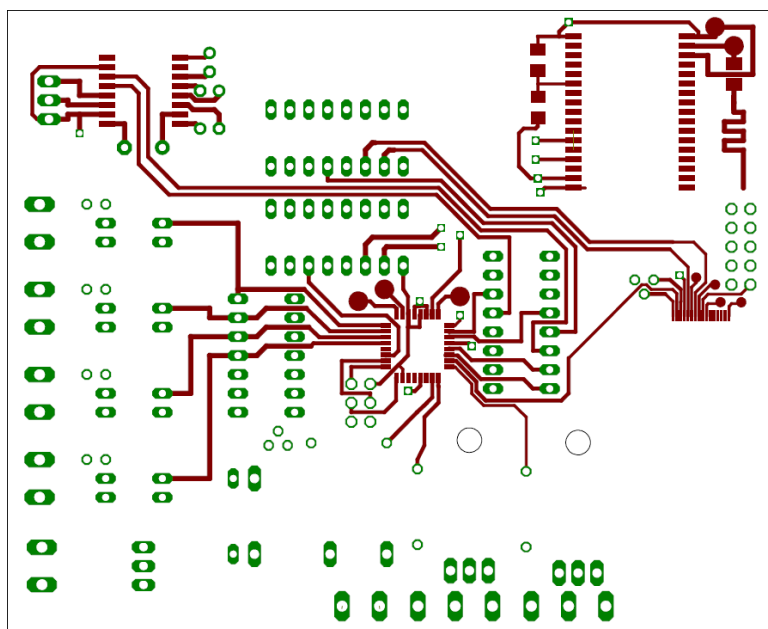
Obr. 16: USB ⇔ TTL převodník od firmy FTDI

3.3 Deska plošných spojů

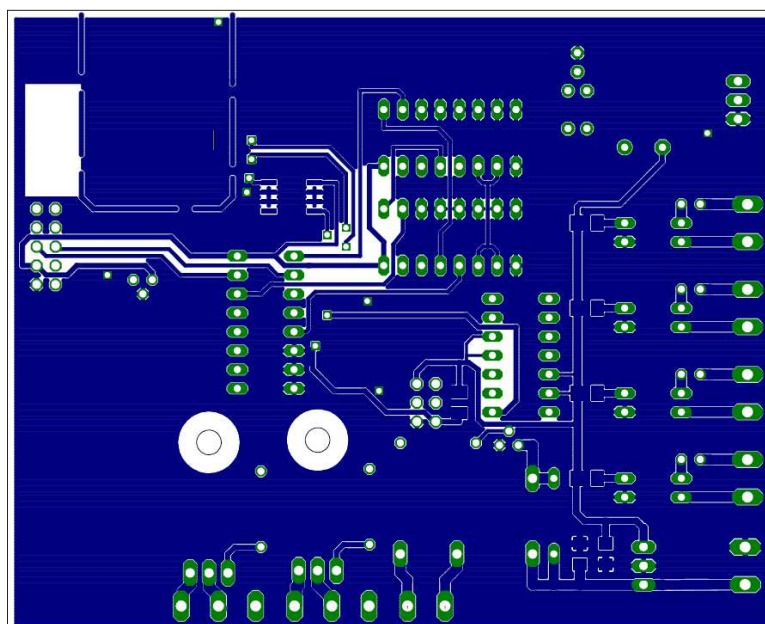
Vzhledem k množství propojů, počtu součástek a k požadavku na co nejmenší velikost, je deska plošných spojů realizována jako dvouvrstvá. Pro snadnější pájení je na desce také vytvořena nepájivá maska.



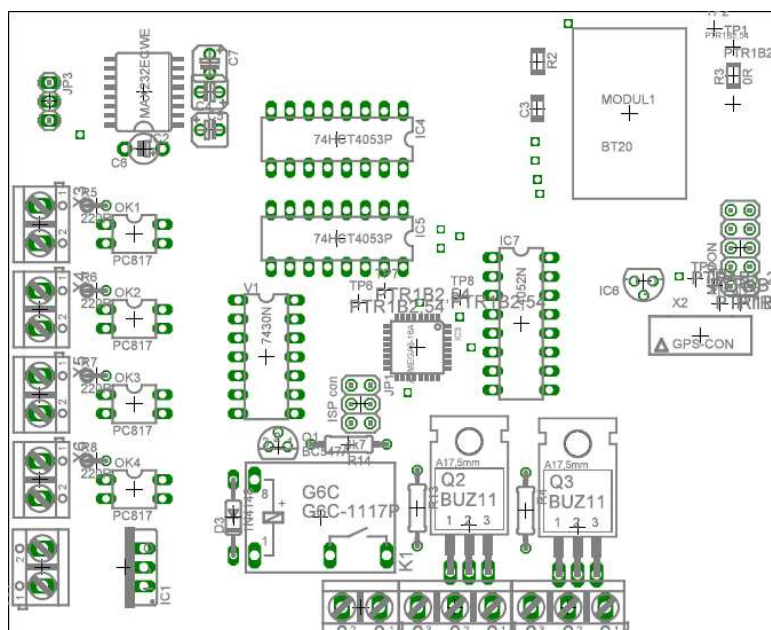
Obr. 17: Celkový pohled na DPS



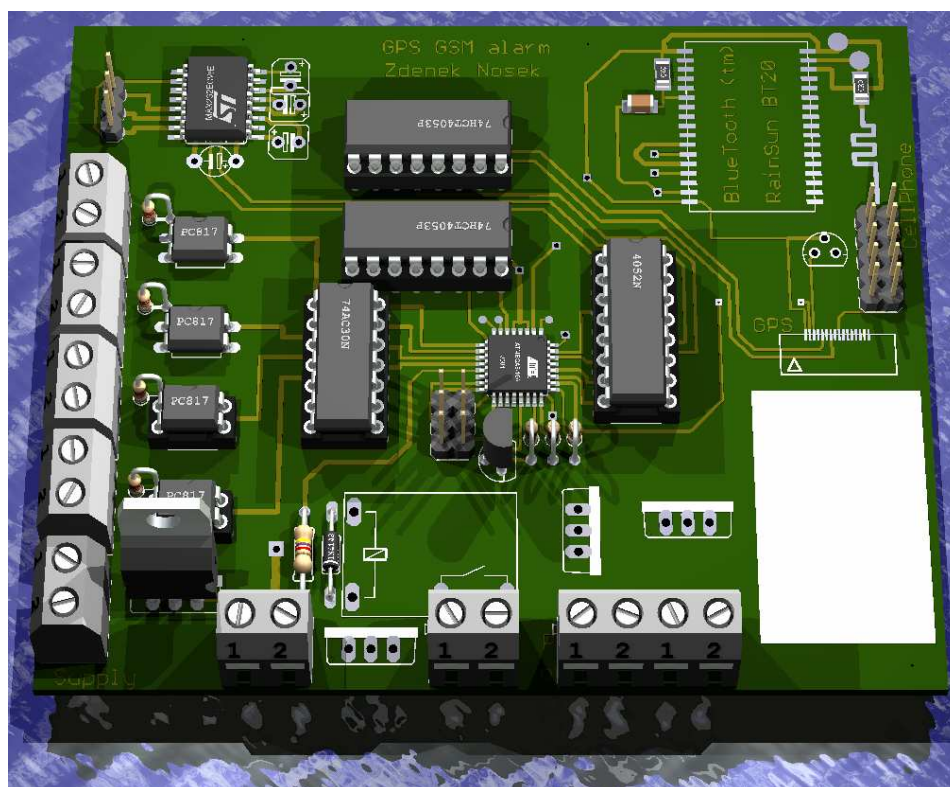
Obr. 18: Horní strana DPS (top layer)



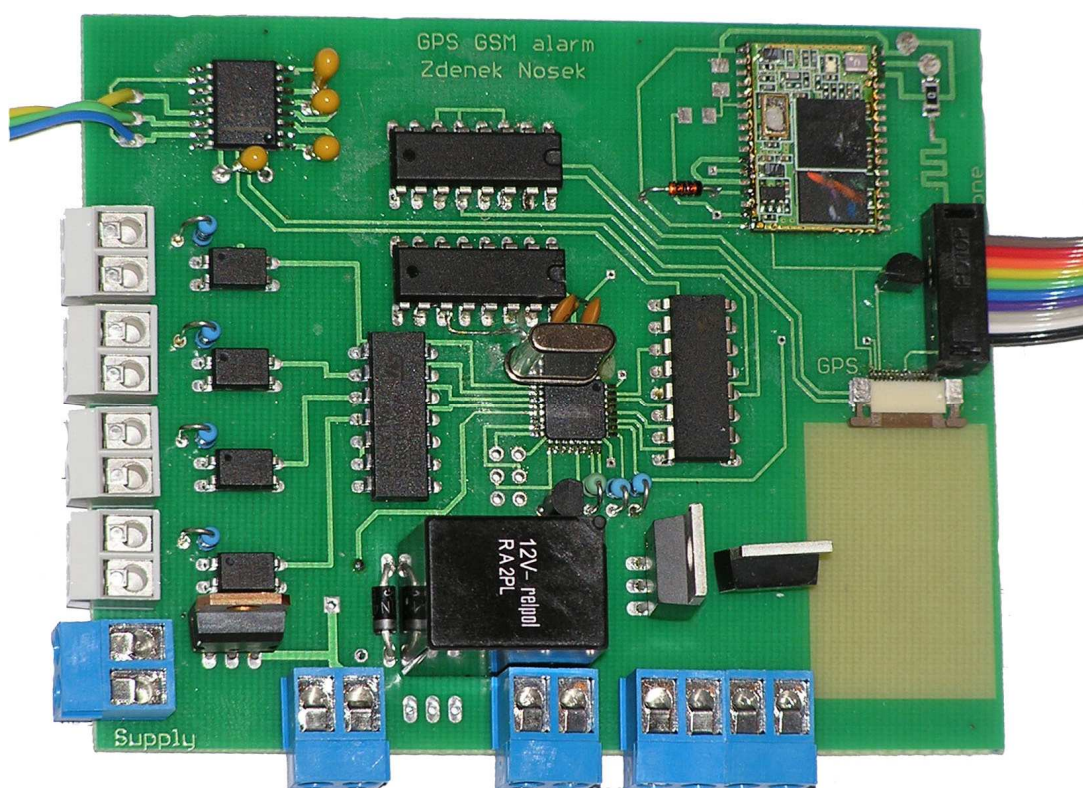
Obr. 19: spodní strana DPS s „vylitou měď“ (bottom layer)



Obr. 20: osazovací schéma horní vrstvy (top layer)



Obr. 21: 3D vizualizace návrhu DPS



Obr. 22: Osazená DPS inteligentního monitorovacího zařízení

4 Programové vybavení

Programové vybavení je tvořeno řídicím programem pro mikrokontrolér, klientskou aplikací pro PC, nastavovací aplikací pro PC a klientskou aplikací pro PocketPC nebo též PDA. Hlavní činností programu mikrokontroléru je vyčítat data z GPS modulu, zpracovat a v případě potřeby odeslat pomocí SMS na zadané číslo. Dále v pravidelných intervalech kontrolovat příchozí SMS na mobil a v případě, že přišla nová SMS zpráva, ji zpracovat. Zpracováním se myslí ověřit, zda zpráva obsahuje platný PIN kód a příkazy a pokud ano, tak tyto příkazy provést.

Aplikace pro PC naproti tomu zobrazuje přijaté informace z inteligentního monitorovacího zařízení pomocí připojeného mobilního telefonu na mapovém podkladu a umožňuje zasílat SMS příkazy. Stejně tak je tomu i v případě aplikace určené pro PDA/PocketPC.

4.1 Teoretický rozbor

V rámci celého programového vybavení je potřeba několik procedur, které nejsou zpracovány ve standardních knihovnách, proto je potřeba znát konkrétní problematiku a poté ji převést do jazyka C. Především se jedná o funkce, které umožňují komunikaci s mobilním telefonem nebo GSM modemem po sériové lince a také funkce pro zpracování SMS zpráv. Ty totiž nejsou u mobilních telefonů zpracovávány a ukládány v ASCII formátu, ale v úspornějším formátu PDU⁹. Ten obsahuje nejen samotný text zprávy, ale také informace o odesílateli, resp. příjemci, délce a platnosti SMS zprávy, styl zobrazení SMS a několika dalších vlastností SMS zprávy [14].

4.1.1 Převod mezi PDU a ASCII formátem textu

PDU⁹ je protokol, který obstarává, mimo jiné, šifrování SMS tak, aby obsahovaly všechny potřebné informace pro cestu od odesílatele k příjemci a zároveň byly datově co nejúspornější. Typů PDU formátů je několik, nás bude zajímat část SMS-DELIVER pro příjem SMS zprávy a SMS-SUBMIT pro odeslání zprávy. Rozdělíme tedy práci se SMS na část přijatých zpráv a odesílaných zpráv. Odesílané zprávy je možné dále rozdělit na nově vytvořené a uložené v paměti MT.

Přijaté SMS zprávy ve formátu PDU

Pro vyčtení nových nepřečtených SMS zpráv z mobilního telefonu použijeme příkaz AT+CMGL=0. V tomto případě je odpověď od hardwarového modemu následující [15]:

⁹ Protocol Data Unit – informace obsahující několik dílčích informací (entit). U SMS konkrétně informace o odesílateli/příjemci, nastavení SMS zprávy a samotnou zprávu kódovanou do 7-bitové abecedy

+CMGL: 1,0,,31
 0791246080006518240C912470574647460000701010912070400D47E81474
 9C3641416650DA04

+CMGL: Odpověď na příkaz CMGL
 1 Index, tj. číslo pozice v paměti
 0 Typ zprávy (0-3)
 0 – přijaté, nepřečtené
 1 – přijaté, přečtené
 2 – uložené, neodeslané
 3 – uložené, odeslané
 31 Délka vlastní PDU zprávy

A následuje vlastní PDU řetězec, který se skládá z oktetů – dvojic hexadecimálních údajů

0791246080006518240C912470574647460000701010912070400D47E81474
 9C3641416650DA04

07 Určuje počet oktetů SMSC¹⁰ informace.
 91 Určuje, zda číslo SMSC je v národním nebo mezinárodním formátu
 81 – národní
 91 – mezinárodní

246080006518 zakódované číslo SMSC, ve dvojici jsou vždy prohozena čísla, číslo
 SMSC tedy je:

246080006518

↘ ↘ ↘ ↘ ↘ ↘

420608005681

24 První oktet PDU
 0c Délka telefonního čísla odesílatele (0c hexadecimálně = 12 desítkově)
 91 určuje formát čísla odesílatele
 81 – národní
 91 – mezinárodní

247057464746 zakódované číslo odesílatele, stejně jako u SMSC:

247057464746

↘ ↘ ↘ ↘ ↘ ↘

420775647464

00 PID - identifikace protokolu
 00 DCS - struktura kódování dat

¹⁰ SMSC – Short Message System Centrum – telefonní číslo SMS centra

70101091207040 Datum doručení na MT rr-mm-dd-hh-mm-ss-časová zóna GMT+(xx/4):

70101091207040

↘ ↘ ↘ ↘ ↘ ↘ ↘ ↘

07010119020704

1.1.07 19:02:07 GMT+1

0D

počet znaků ve zprávě – 0D hex = 13 znaků

47E814749C3641416650DA04 Vlastní text SMS zprávy

Abychom byli schopní dekódovat obsah textu SMS zprávy je potřeba jej nejprve rozdělit po 8 a následně po 7 znacích a zobrazit v binárním kódu. Nejprve prvních osm znaků:

Tab. č. 3: prvních 8 bytů PDU formátu pro převod do ASCII

47	E8	14	74	9C	36	41	41
01000111	11101000	00010100	01110100	10011100	00110110	01000001	01000001

Nyní je potřeba vždy z prvního bytu odebrat první znak a dát jej na konec druhého bytu, z druhého odebrat dva znaky a dát je na konec třetího, z třetího odebrat tři a tak dále. U osmého bytu nám zůstane celé 8bitové slovo a to nám poslouží jako první byte dalšího řetězce.

Tab. č. 4: ukázka převodu prvních 8 bytů PDU formátu SMS na ASCII text

01000111	11101000	00010100	01110100	10011100	00110110	01000001	01000001
1000111	1010000	1010011	0100000	1000111	1010011	1001101	0100000
47	50	53	20	47	53	4D	20
G	P	S	<mezera>	G	S	M	<mezera>

Zbytek textu zpracujeme dle předchozího postupu:

Tab. č. 5: zbylé byty pro převod z PDU

	66	50	DA	04			
01000001	01100110	01010000	11011010	00000100			

Prvním znakem je přebytek z předchozího bloku, který jsme převáděli.

Tab. č. 6: Převod zbylých bytů SMS z PDU formátu na ASCII znaky

01000001	01100110	01010000	11011010	00000100			
1000001	1001100	1000001	1010010	1001101			
41	4C	41	52	4D			
A	L	A	R	M			

Výsledkem je text: GPS GSM ALARM

Odeslání SMS zprávy ve formátu PDU [16]

Vzhledem k tomu, že vytvoření SMS zprávy je naprosto odlišné od dekódování přijaté SMS zprávy, je potřeba daný postup ukázat stejně názorně jako v předchozím případě.

Budeme chtít odeslat následující text: „GPS SOURADNICE“. Z ASCII tabulky je zřejmé, že všechny znaky zprávy mají ASCII kód nižší než 127 (desítkově), stačí nám tedy pouze 7 bitů na každý znak a 8 bit s nejvyšší váhou je vždy 0. Prvním krokem je rozdělit text po 8 znacích.

Tab. č. 7: kódování textu z ASCII znaků do PDU formátu SMS – prvních 8 znaků

GPS SOURADNICE							
G	P	S	<mezera>	S	O	U	R
47	50	53	20	53	4F	55	52
x1000111	x1010000	x1010011	x0100000	x1010011	x1001111	x1010101	x1010011
01000111	11101000	00010100	00110100	01111101	01010110	10100111	-----
47	E8	14	34	7D	56	A7	

Zde vidíme hlavní výhodu PDU, z původní 8 bytů nám po zakódování zbylo jen 7, což značí úsporu v přenášených datech, resp. vyšší počet možných znaků v 1 SMS než by tomu bylo v případě posílání textu formou ASCII znaků.

Tab. č. 8: kódování textu do PDU formátu SMS – zbývající znaky

A	D	N	I	C	E		
41	44	4E	49	43	45		
x1000001	x1000100	x1001110	x1001001	x1000011	x1000101		
01000001	10100010	00110011	00111001	00101100	00000010		
41	A2	33	35	2C	02		

Tím bychom měli vytvořenou PDU podobu zprávy. Pro odeslání celé SMS zprávy je však potřeba více údajů. Pro odeslání slouží příkaz AT+CMGS=<n>. Kde <n> je počet oktetů celé zprávy, ta se skládá z délky PDU textu zprávy (počtu dvojic znaků v PDU formátu) a z délky PDU hlavičky.

Délku textu zprávy zjistíme jednoduše, víme, že z každého bloku čítajícího 8 znaků zprávy nám vyjde 7 oktetů v PDU kódování a poté je ještě potřeba připočíst to co nám zbylo při rozdělení po 8 znacích, tedy $n \cdot (8-1) + z$, kde n je počet „osmic“ znaků a z je zbytek, který zůstal po rozdělení na „osmice“ znaků. V našem případě tedy $1 \cdot 7 + 6 = 13$. Tolik znaků má tedy samotný text.

Hlavička obsahuje informace o telefonním čísle střediska SMS zpráv, typu zprávy a o čísle odesílatele, do délky hlavičky se nezapočítává první oktet, který obsahuje dvě nuly. Počet oktetů hlavičky je tedy 14. Hlavička může vypadat takto:

0011000C912470574647460000AA0D	
00	Určuje délku informace o středisku SMS zpráv 00 – použije nastavení uložené v telefonu 07 – následuje 7 oktetů určujících SMSC
11	PDU typ pro naše účely má tento tvar, určuje rozšířené možnosti PDU
00	Referenční číslo zprávy (0-255). Není třeba nastavovat, MT nastaví sám
0C	Počet čísel telefonního čísla příjemce 0C = 12
91	Určí formát telefonního čísla příjemce SMS zprávy 81 – národní 91 – mezinárodní
247057464746	zakódované číslo příjemce: 247057464746 X X X X X X X X 420775647464
00	TP-PID podle tohoto se SMSC rozhoduje, o jaký typ zprávy se jedná
00	TP-DCS určuje, o jaký druh kódování se jedná
AA	Platnost zprávy 00 – 8F (143d): (hodnota+1)*5 v minutách 90 – A7 (167d): ((hodnota-143d)*0,5)+12 v hodinách A8 – C4 (196d): (hodnota-166d) ve dnech C5 – FF (255d): (hodnota-192d) v týdnech
0D	Počet znaků nezakódované SMS zprávy

Celý příkaz na odeslání SMS zprávy poté vypadá takto:

AT+CMGS=27<CR>

Odpověď: ><CR> //čeká na PDU data

0011000C912470574647460000AA0D47E814347D56A741A233352C021A

Odpověď: +CMGS: 12 OK //přiřadil zprávě číslo 12 a v pořádku ji odeslal.

Poslední oktet 1A určuje konec vysílání PDU datového rámce, tento oktet se nezapočítává do počtu odesílaných oktetů

4.1.2 Popis komunikace s mobilním telefonem pomocí AT příkazů

Komunikace probíhá prostřednictvím tzv. AT příkazů. Ty slouží pro komunikaci s hardwarovým modemem mobilního telefonu. Syntaxe AT příkazů je popsána ve standardu GSM 07.07 [17] a GSM 07.05[18]. Jedná se o standardy spravované organizací ETSI¹¹.

Standard GSM 07.07 obsahuje popis blokového propojení jednotlivých částí komunikujících systémů, hlavní AT příkazy pro komunikaci přes sériový port s GSM subsystémem mobilního telefonu, syntaxi příkazů včetně odpovědí. Standard GSM 07.05 obsahuje dodatečné AT příkazy pro práci s SMS a CBS¹².

Každá komunikace začíná písmeny A<41h> a T <54h>, poté následuje příkaz a celá věta je ukončena znaky <CR>¹³<LF>¹⁴.

AT příkazy mají 4 základní podoby [17]:

- Test
- Provedení
- Načtení
- Zápis

Test slouží k otestování, zda daný hardwarový modem umí pracovat s tímto druhem příkazu. Syntaxe je jednoduchá $AT+<příkaz>=?<CR><LF>$, kde <příkaz> je název příkazu u kterého chceme zjistit zda jej hardwarový modem podporuje. Nejzákladnější testovacím příkazem je příkaz pro otestování zda připojené zařízení je vůbec schopno komunikovat pomocí AT příkazů. Tento příkaz vypadá následovně: AT<CR> (v hexadecimální podobě vypadá takto 41 54 0D 0A). A odpověď, pokud druhá strana rozumí AT příkazům, je <CR><LF>OK<CR><LF> (v hexadecimální podobě 0D 0A 4F 4B 0D 0A).

Provedení příkazu se provádí zápisem AT+<příkaz>, takovým příkazem je například ATA, který přijme příchozí hovor, popřípadě AT+CGMI, který vypíše výrobce daného zařízení, v našem případě je odpověď <CR><LF>SIEMENS<CR><LF>OK<CR><LF> (0D 0A 53 49 45 4D 45 4E 53 0D 0A 0D 0A 4F 4B 0D 0A).

K načtení hodnot slouží zápis AT+<příkaz>?<CR>, tento zápis nám vypíše hodnoty uložené v mobilní telefonu, jako například čas, ten se vypíše příkazem AT+CCLK? <CR>. Odpověď potom může vypadat následovně <CR> <LF> +CCLK:"06/12/31,23:59:59" <CR> <LF>OK<CR><LF>

¹¹ ETSI – European Telecommunications Standards Institute, nezávislá evropská standardizační organizace pro oblast telekomunikací, stará se především o standardy v oblasti GSM

¹² CBS – Cell Broadcast messages, Zprávy rozesílané všem uživatelům přihlášeným k dané BTS, např. lokalita

¹³ <CR> - 0x0d hexadecimálně v ASCII – carriage return

¹⁴ <LF> – 0x0a hexadecimálně v ASCII – line feed, new line

Zápis hodnot (nastavení) se provádí zápisem AT+<příkaz>=hodnota<CR>. Sem patří například příkaz pro nastavení výchozího zdroje telefonního seznamu AT+CPBS="SM"<CR>. Tento příkaz nastaví jako aktivní telefonní seznam uložený na SIM kartě telefonu.

Inteligentní monitorovací zařízení bude využívat pouze některé základní AT příkazy. V následující tabulce (Tab. č. 9) je přehled potřebných AT příkazů a jejich význam. Další AT příkazy spolu s jejich popisem je možné získat v [17][18].

Tab. č. 9: seznam potřebných AT příkazů

Příkaz	Význam	Odpověď provedeno/chyba
AT	Otestuje komunikaci	OK/ ----
ATA	Přijme příchozí hovor	OK/ERROR
ATD<n>	Vytočí zadané tel. číslo <n>	OK/NO CARRIER
ATH	Zavěsí probíhající hovor	OK
AT+CBC	Zjistí stav nabíjení MT resp. zbývající kapacitu	+CBC: 0,60
AT+CCLK	Zjistí aktuální datum a čas z MT	„RR/MM/DD,hh:mm:ss“
AT+CMGS	Odešle SMS zprávu ve formátu PDU	OK/ERROR
AT+CMSS	Odešle SMS zprávu uloženou v paměti MT	OK/ERROR
AT+CPBR=n	Načte údaj v telefonním seznamu na pozici n	" +420777205490",1,"Jméno"
AT+CPBW=n	Zapíše údaj do telefonního seznamu na pozici n	OK/ERROR
AT+CMGL	Načte SMS zprávy na určené pozici	PDU formát zprávy/ERROR

4.1.3 Popis komunikace GPS modulu - NMEA¹⁵

Jak již bylo zmíněno, GPS modul komunikuje s okolím pomocí sériové linky o rychlosti 4800 b/s. Modul nečeká na žádný podmět a neustále posílá informace do sériového kanálu bez ohledu na to, jestli protější strana poslouchá nebo ne. Informace posílá v tzv. NMEA větách, což je standard pro komunikaci mezi GPS modulem a nadřazeným zařízením.

Nejčastěji používaným komunikačním protokolem je NMEA 0183. Ten však podléhá copyrightu. Z dostupných zdrojů [6] [19] [20] [21], je však možné vyčíst téměř celou specifikaci tohoto protokolu, která však, dle vyjádření vlastníka práv, může být velmi stará a zavádějící.

GPS modul komunikuje pomocí tzv. vět (sentences). Věty mohou obsahovat různé údaje o pozici, o čase a také mohou obsahovat doplňkové informace. Dle výše uvedeného standardu každá věta začíná znakem \$¹⁶ a pokračuje až do konce řádku (znak zalomení řádku - <LF>¹⁴). Význam jednotlivých vět je určen pomocí prvního slova (prvních 5 znaků). Po té následují

¹⁵ NMEA - National Marine Electronics Association, www.nmea.org

¹⁶ \$ - 0x24 hexadecimálně v ASCII

jednotlivé byty obsahující požadovanou informaci věty. Ve větách jsou povoleny jen tisknutelné ASCII znaky a znaky pro konec řádky <CR>¹³ a <LF>¹⁴.

Jednotlivé věty lze rozdělit do následujících skupin [20]:

1. věty ze strany mluvčího (talker sentences)
2. proprietární věty (proprietary sentence)
3. dotazovací věty (query sentence)

1. Věty ze strany mluvčího

Slouží k předávání informací od přijímače GPS (talker) k připojenému zařízení. Obecný formát je `$TISTI,d1,d2,...<CR><LF>`, kde `$` uvozuje novou větu, `TI` je identifikátor mluvčího (talker identifier) v našem případě je mluvčím GPS přijímač a ten má identifikátor GP, `STI` je identifikátor věty (sentence identifier) a `dx` jsou datové položky, které jsou odděleny znakem “,”. Znaky <CR><LF> ukončují větu. `STI` určuje, jakým způsobem budou prezentovány jednotlivé datové položky `dx`. Pokud věta obsahuje *, potom číslo za tímto znakem následuje kontrolní součet věty. Ten je definován jako exkluzivní součet (XOR) všech znaků mezi `$` a *, přičemž zmíněné znaky nejsou součástí kontrolního součtu. Každá věta má maximální délku 80 bytů (znaků) + `$` a <CR><LF>, tedy celkem 83 bytů.

2. Proprietární věty

Ty má možnost si definovat výrobce přijímače sám. Vždy obsahují `$P` poté následuje třípísmenný identifikátor výrobce `IDP` a dále následují datové položky. Věta je opět ukončena znaky <CR><LF>.

3. Dotazovací věty

Slouží k požadavku posluchače (listener) na zaslání konkrétní odpovědi od přijímače GPS (talker). Obecný formát vypadá takto `$LITIQ,STI<CR><LF>`, kde `$` je počáteční znak věty, `LI` je identifikátor posluchače, tedy toho kdo se ptá, `TI` je identifikátor mluvčího, tedy kdo má na dotaz odpovědět, `Q` určuje, že se jedná o dotaz (question), `STI` určuje, co má obsahovat odpověď (jakou větu) a <CR><LF> ukončuje dotaz.

`LI` a `TI` mohou být nejčastěji

GP – GPS

CC – počítač

Identifikátor věty **STI**:

GGA – pozice a čas určení pozice

GSA – aktivní družice a DOP (dilution of precession)

GSV – informace o družicích

RMC – minimální doporučené informace pro navigaci

Pro samotné určení polohy tedy stačí dekodovat větu s identifikátorem věty RMC, ale tím bychom se připravili o možnost zjistit další zajímavé informace, jakými jsou například kurz a rychlost. Pro získání úplné informace o poloze a pohybu je vhodné využít všechny dostupné věty, které nesou informaci. Konkrétně se jedná o RMC, GGA, GLL, VTG, ZDA.

GPRMC

\$GPRMC,170138.615,A,4912.2525,N,01635.0378,E,0.04,16.43,280705,,*32

Tab. č. 10: význam NMEA věty GPRMC [20]

formát	příklad	komentář
hhmmss.sss	170138.615	Čas (UTC)
c	A	Status (A=OK, V=varování)
ddmm.mmmm	4912.2525	Zeměpisná šířka
c	N	Indikátor sever/jih (N=sever, S=jih)
ddmm.mmmm	01635.0378	Zeměpisná délka
c	E	Indikátor východ/západ (E=východ, W=západ)
d.d	0.04	Vodorovná rychlost (Speed Over Ground, v uzlech)
d.d	16.43	Kurz pohybu ve stupních
ddmmyy	280705	Datum ddmmyy
d.d	N.A.	Magnetická deklinace ve stupních
c	N.A.	Indikátor východ/západ (E=východ, W=západ)
*xx	32	Kontrolní součet

GPGLL

\$GPGLL,3723.2475,N,12158.3416,E,161229.487,A,A*2C

Tab. č. 11: význam NMEA věty GPGLL [6]

formát	příklad	komentář
ddmm.mmmm	3723.2475	Zeměpisná šířka
c	N	Indikátor sever/jih (N=sever, S=jih)
ddmm.mmmm	12158.3416	Zeměpisná délka
c	E	Indikátor východ/západ (E=východ, W=západ)
hhmmss.sss	170138.615	Čas (UTC)
c	A	Status (A=OK, V=varování)
c	A	Mód: A – autonomní, D – diferenciální, N – not valid
*xx	7D	Kontrolní součet

GP GGA

\$GP GGA,170139.615,4912.2526,N,01635.0378,E,1,07,1.0,357.5,M,43.5,M,0.0,0000*7D

Tab. č. 12: význam NMEA věty GP GAA [20]

formát	příklad	komentář
hhmmss.sss	170139.615	Čas (UTC), pro který platí údaje o vypočtené pozici
ddmm.mmmm	4912.2526	Zeměpisná šířka
c	N	Indikátor severní/jižní šířka (N=sever, S=jih)
dddmm.mmmm	01635.0378	Zeměpisná délka
c	E	Indikátor východní/západní délky (E=východ, W=západ)
d	1	Indikátor kvality: 0 — nebylo možno určit pozici 1 — pozice úspěšně určena 2 — pozice úspěšně určena (diferenční GPS)
dd	07	Počet viditelných satelitů 00 — 12
d.d	1.0	Vliv rozestavení družic na určení polohy HDOP (<i>Horizontal Dilution of precision</i>)
d.d	357.5	Výška antény nad elipsoidem
c	M	Jednotka pro předchozí údaj (č.9) (M=metr)
d.d	43.5	Geoidal separation, rozdíl mezi WGS-84 zemským elipsoidem a střední úrovní moře (geoid). Znaménko mínus znamená, že střední úroveň země je pod elipsoidem.
c	M	Jednotka vzdálenosti pro předchozí položku (č.11) (M=metr)
d.d	0.0	Stáří poslední aktualizace DGPS. Údaj je uváděn v sekundách. Jestliže údaj chybí, nepoužívá se DGPS.
dddd	0000	Identifikační číslo referenční stanice pro DGPS (0000 — 1023)
*xx	7D	Kontrolní součet

GP VTG

\$GP VTG,137.7,T,139.6,M,007.4,N,013.7,K,A*47

Tab. č. 13: význam NMEA věty GP VTG [6]

formát	příklad	komentář
d.d	137.7	Kurz pohybu ve stupních
c	T	Reference – T = True
d.d	139.6	Kurz pohybu ve stupních
c	M	Reference – M = Magnetická
n.n	007.4	Vodorovná rychlost (Speed Over Ground, v uzlech)
j	N	Jednotka – N = uzly
n.n	013.7	Vodorovná rychlost (Speed Over Ground, v km/h)
j	K	Jednotka – K = kilometry za hodinu
c	A	Mód: A – autonomní, D – diferenciální, N – not valid
*xx	32	Kontrolní součet

4.2 Řídící program pro mikrokontrolér

Řídící program pro mikrokontrolér byl napsán v jazyce C, který je mnohem flexibilnější a uživatelsky příjemnější než assembler. Celý program byl napsán v CodeVision AVR C ve verzi 1.26.4 od společnosti HP infotech.

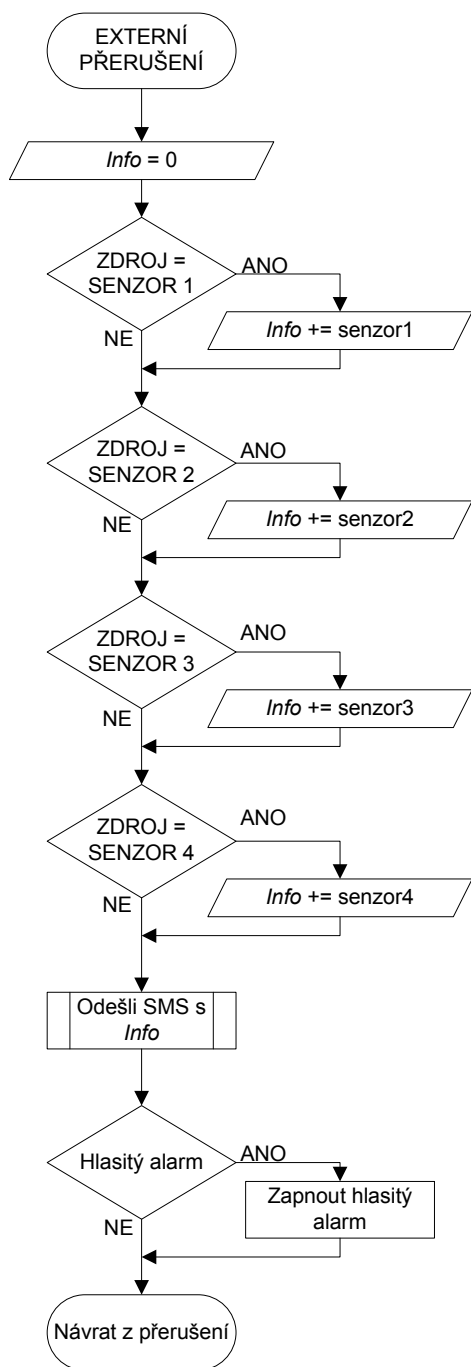
Program se sestává z hlavní smyčky programu a několika knihoven a vložených částí zdrojového kódu. Použité standardní knihovny z CodeVision AVR C [23]:

- String.h – knihovna funkcí pro práci s textovými řetězci typu pole znaků char
- Delay.h – knihovna pro přesně definované zpoždění
- Sleep.h – knihovna funkcí pro úsporné režimy mikrokontroléru
- Ctype.h – knihovna funkcí pro zjišťování typu hodnoty uložené v proměnné
- Mega8.h – knihovna definic paměťového prostoru mikrokontroléru AtMega 8
- stdio.h – standardní I/O funkce – sériový port

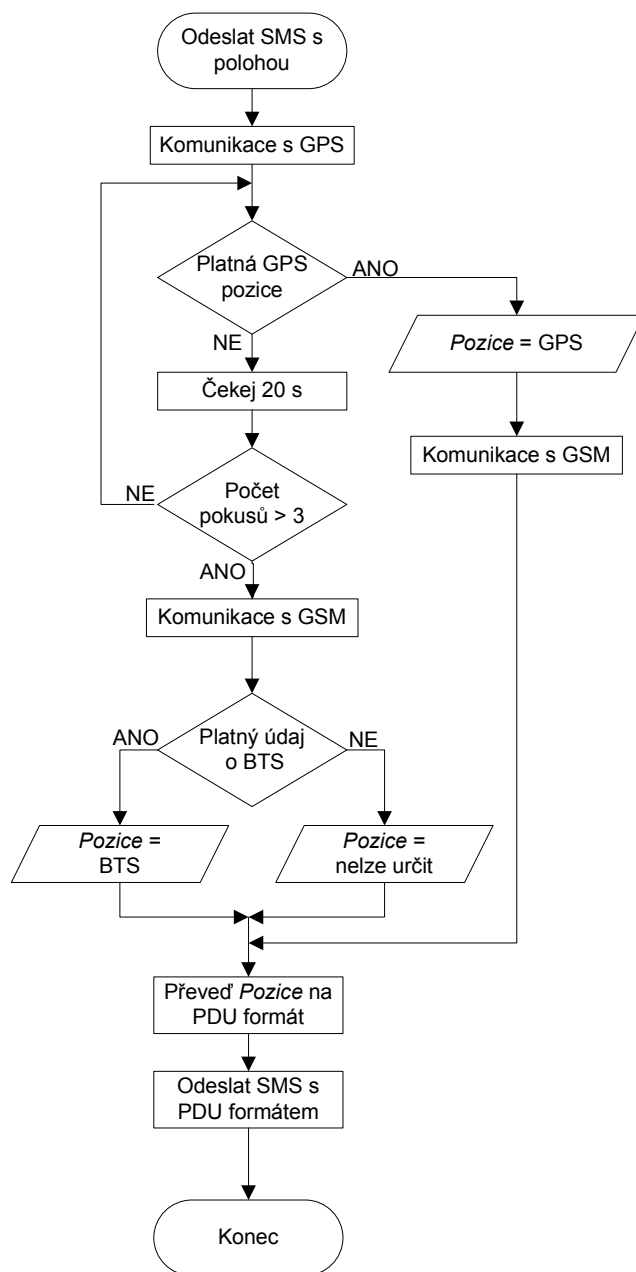
Dále jsou v programu využity mnou naprogramované (nestandardní) funkce

- GSM.c – funkce pro ovládání GSM modulu nebo telefonu
- gps.c – funkce pro zpracování GPS informace z navigačního modulu
- pdu.c – funkce pro převod z ASCII na PDU a nazpět

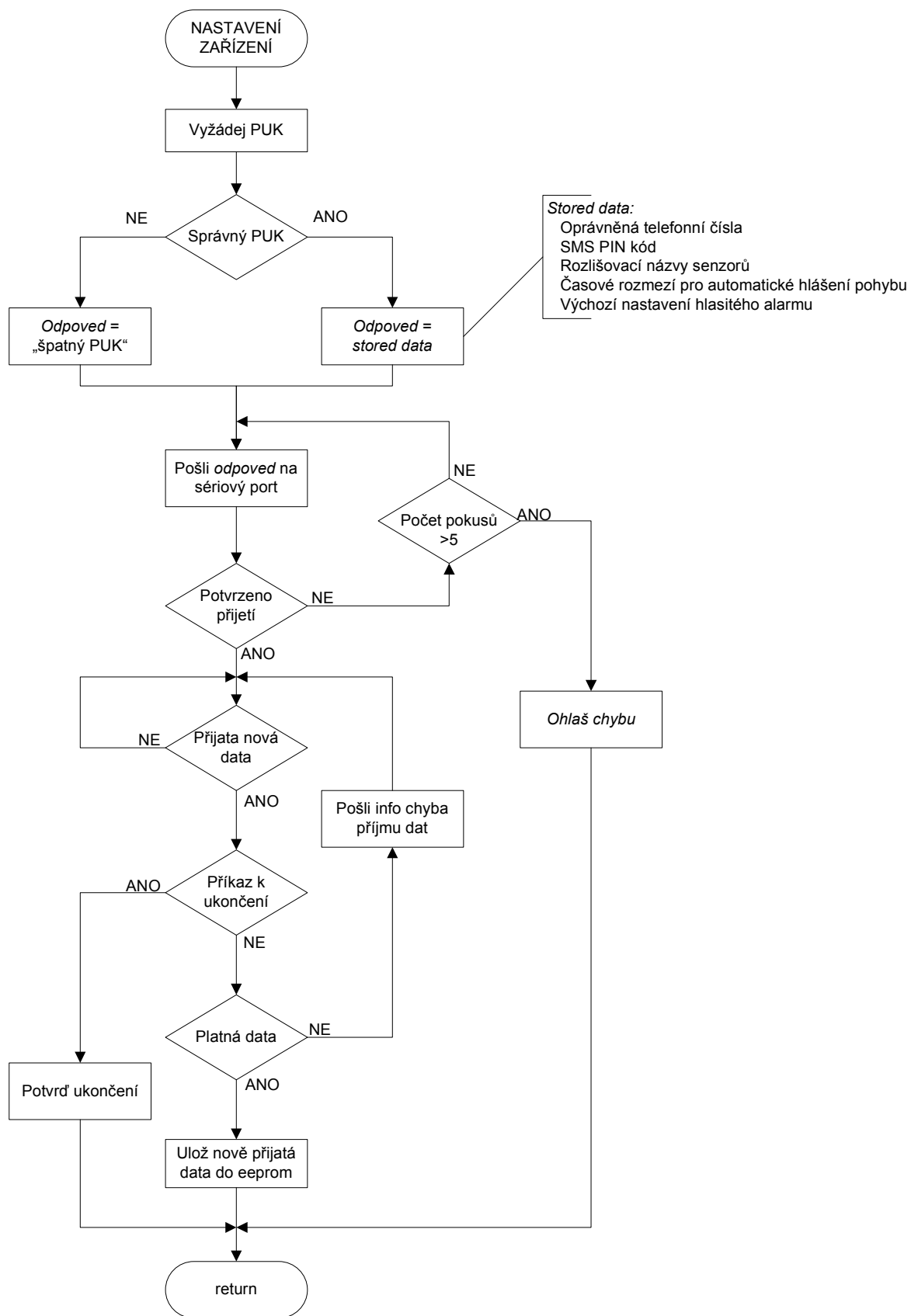




Obr. 24: Vývojový diagram pro externí přerušení



Obr. 25: Vývojový diagram podprogramu pro odeslání SMS zprávy



Obr. 26: Vývojový diagram podprogramu pro nastavení inteligentního hlídacého zařízení

4.2.1 Funkce použité pro ovládání mobilního telefonu - GSM.c

waitforOK()

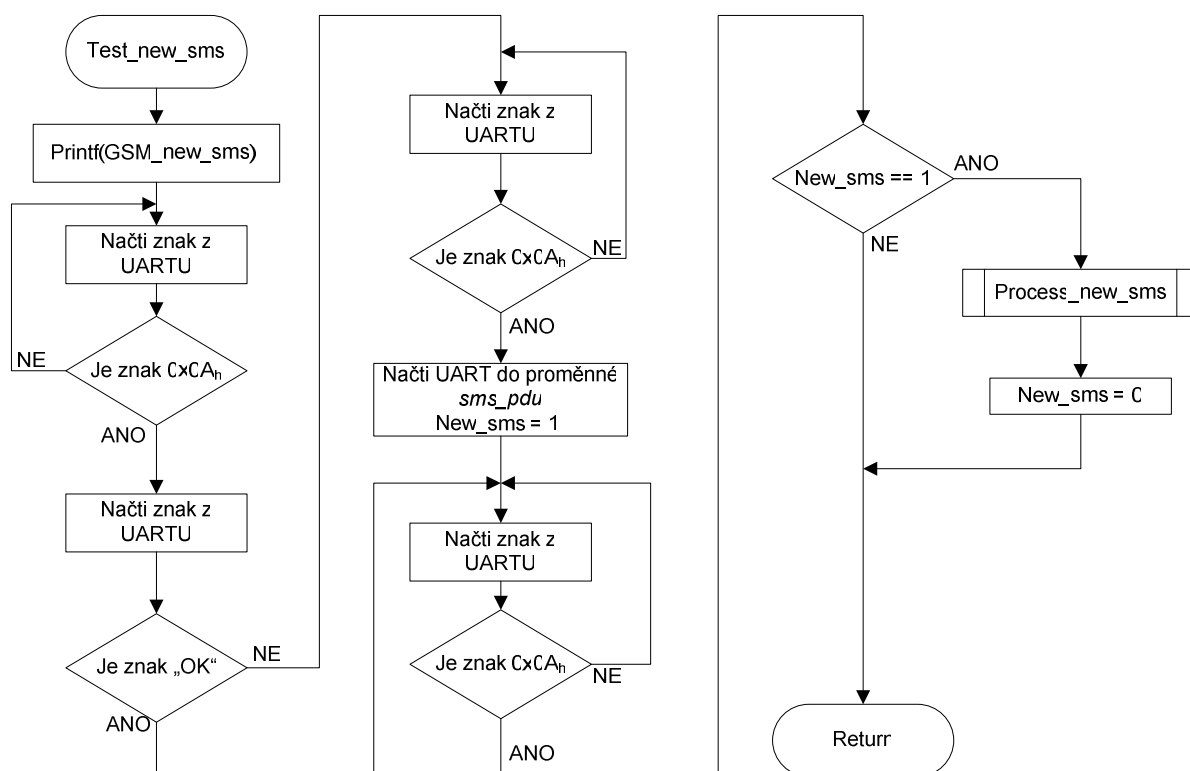
Čte data přicházející na sériový port, a jakmile dojde sekvence <CR><LF>OK<CR><LF> skončí.

GSM_position()

Z připojeného mobilního telefonu, nebo GSM modemu vyčte údaje o dostupných BTS stanicích příslušného mobilního operátora v okolí a údaje uloží do proměnné GSM_BTS_INFO, což je dvojrozměrné pole 7x5 typu **char**.

test_new_sms()

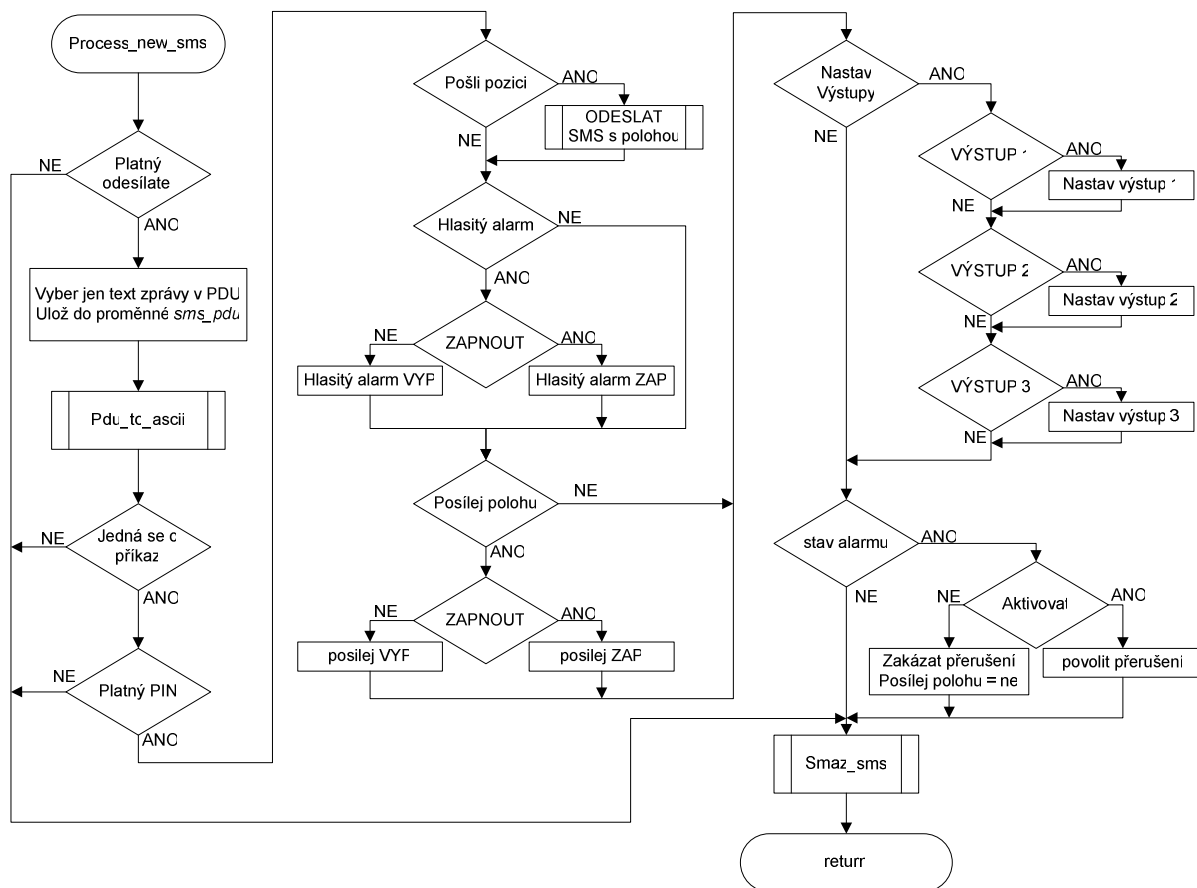
Ověří, zda do připojeného telefonu nebo GSM modemu nedorazila nová SMS zpráva. Pokud ano, tak vyvolá funkci, která novou zprávu přečte a zpracuje (Obr. 27).



Obr. 27: Vývojový diagram funkce test_new_sms()

Process_new_sms ()

Tato funkce je volána, pokud program zjistí, že přišla nová SMS zpráva. Ověří zda SMS zpráva byla odeslána jedním z povolených čísel a v případě, že ano, ověří platnost kódu PIN. V případě, že všechny autentizace proběhly v pořádku, provede příkazy uvedené v těle samotné SMS zprávy (Obr. 28).



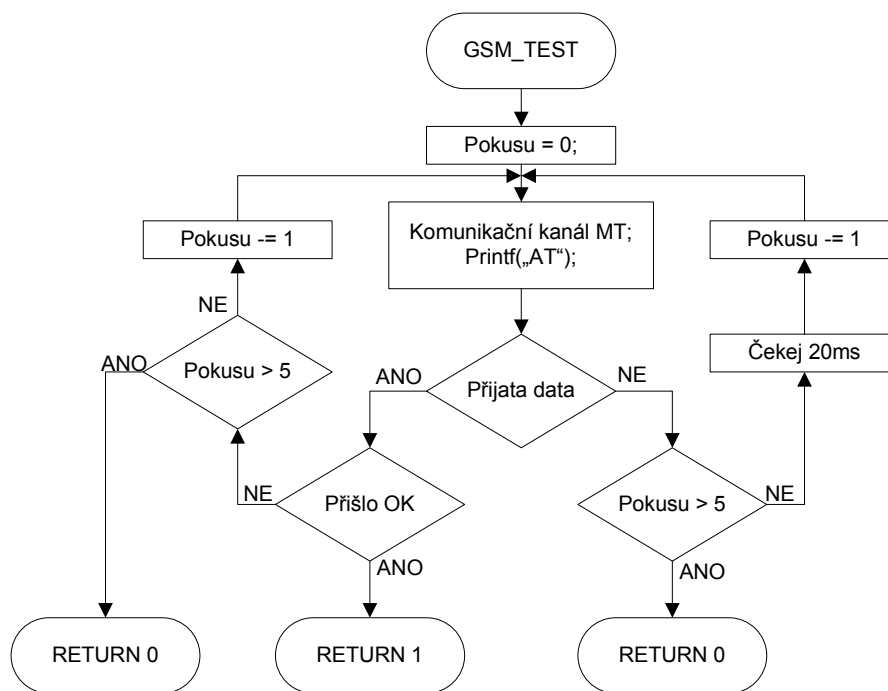
Obr. 28: Vývojový diagram funkce *process_new_sms()*

send_sms()

Vezme text uložený do proměnné *sms_ascii* a pošle jej na telefonní číslo, které je uložené v proměnné *sms_receiver* v **eprom**.

int GSM_test()

Testuje, zda připojený telefon funguje správně a zda správně interpretuje AT příkazy, pokud je vše v pořádku tak funkce vrátí hodnotu 1, jinak 0 (Obr. 29).



Obr. 29: Vývojový diagram funkce *GSM_test()*

4.2.2 Funkce pro práci s daty obsahujícími pozici – *gps.c*

GPS_position()

Čte data ze sériového kanálu, které vysílá GPS přijímač a ukládá je do příslušných globálních proměnných *Latitude* pro zeměpisnou šířku, *NS* pro sever nebo jih, *Longitude* pro zeměpisnou délku, *EW* pro západ/východ, *Altitude* pro nadmořskou výšku, *Course* pro kurz uvedený ve stupních, *Speed* pro aktuální rychlost a *Time* pro aktuální čas s přesností na vteřiny. Všechny proměnné jsou pole typu **char**, kromě *EW* a *NS*, ty jsou typu **bit**.

Send_GPS_sms()

Tato funkce provede sestavení SMS s údaji o aktuální pozici získané z GPS modulu, tedy s pomocí proměnných popsanych u funkce *GPS_position*, uloží ji do proměnné *sms_ascii* a zavolá funkci pro odeslání SMS zprávy z části GSM.c *send_sms()*. Formát zprávy je sestaven z proměnných a konstant a je následující:

SMS_GPSLongitudeoddlovacEWoddlovacLatitudeoddlovacNSoddlovac

4.2.3 Funkce pro převod ASCII textu do formátu PDU a zpět – pdu.c

`ascii_to_pdu(delka_ascii)` [26]

Funkce očekává jako parametr počet znaků v ASCII formátu, které se mají převést do PDU z proměnné `sms_ascii`. Výsledek převodu ukládá do globální proměnné `sms_pdu` a celý řetězec je zakončen znakem 0 (00_h).

`pdu_to_ascii(delka_pdu)` [26]

Převádí zprávu kódovanou v PDU formátu do ASCII. Jako parametr očekává počet znaků, které se mají vzít z proměnné `sms_pdu`. Výsledek je uložen do globální proměnné `sms_ascii` a řetězec je zakončen 0 (00_h).

4.3 Klientská aplikace pro PC

Klientská aplikace přebírá informace posílané inteligentním monitorovacím zařízením a zobrazuje je na obrazovce monitoru, dále také umí vyslat příkazy sloužící pro ovládání zmíněného zařízení. Aplikace komunikuje s připojeným mobilním telefonem pomocí sériové komunikace formou AT příkazů, proto jsou opět vhodné mobilní telefony značky SIEMENS.

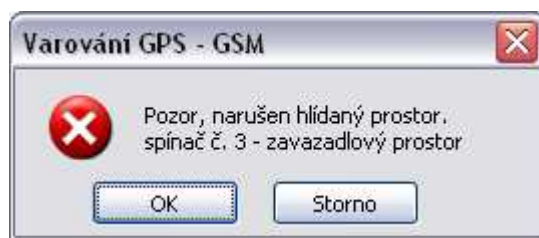
Pro naprogramování aplikace pro osobní počítače byl zvolen jazyk Visual C# a programové prostředí Visual Studio 2005 od společnosti Microsoft. Jedná se o rozšířený jazyk využívající platformu Microsoft .NET, která je součástí nejen počítačů typu PC s operačním systémem Microsoft Windows, ale je dostupná i pro kapesní počítače s operačním systémem Windows Mobile.

Během vývoje aplikace pro PC vznikly dvě verze. Jedna uživatelská, která obsahuje minimum nastavovacích prvků a zobrazuje jen důležité položky a druhá pro odladění komunikace a případné hledání chyb v případě nefunkčnosti. Obě aplikace umí zobrazit polohu inteligentního monitorovacího zařízení dvěma způsoby. První je v externím mapovém programu, který umí zobrazit polohu připojeného GPS přijímače a druhý způsob je zobrazení pozice na mapovém podkladu dostupném na mapovém serveru.

Tato druhá „testovací“ aplikace také zobrazuje mezivýsledky procesů, které aplikace provádí, jako je například zobrazení načtených SMS zpráv a obecně odpovědi na AT příkazy z připojeného GSM zařízení, nebo převod z PDU formátu do ASCII, v případě, že narazí na SMS zprávu obsahující polohu, tak také zobrazí rozřídzené informace o poloze a sestavenou NMEA větu pro simulaci funkce GPS přijímače. Toto všechno se u „uživatelské“ aplikace děje v pozadí.

4.3.1 Zobrazení příchozích zpráv z inteligentního monitorovacího zařízení

Pokud přijde informace o narušení, je informace u obou typů programů pro PC stejná a vypadá takto:



Obr. 30: Okno s varovnou informací

4.3.2 Zobrazení aktuální polohy inteligentního monitorovacího zařízení

Pro zobrazení aktuální polohy je možné použít dva režimy. Jedním je VCP režim, kdy aplikace emuluje sériový port, na který vysílá informace ve formátu, který používají GPS přijímače, tedy ve formátu NMEA. Na tento virtuální sériový port je tedy možné připojit jakýkoliv navigační software, který dokáže s GPS modulem komunikovat po sériové lince. Tato možnost byla otestována na programech NAVIGATOR 6, InfoMapa v12.

Další možností jak zobrazit polohu zařízení na mapě je využití serveru mapy.cz. K tomu je však potřeba připojení k internetu. Klientská aplikace sama otevře okno prohlížeče Microsoft Internet Explorer a pravidelně aktualizuje informace o poloze, pokud se okno prohlížeče zavře, uživatel má povolenou možnost zobrazovat informace do internetové mapy a přijde nová informace o poloze, tak aplikace opět otevře okno aplikace Microsoft Internet Explorer.

V průběhu vytváření aplikace vyšla nová verze Microsoft Internet Exploreru, která podporuje záložkový systém otevřených oken – verze 7. Aplikace však nedokáže záložky rozlišit a proto někdy otevře více než jedno okno prohlížeče. Tento problém nastává ve chvíli, kdy byl Microsoft Internet Explorer spuštěn ještě před spuštěním samotné aplikace.

Provoz jako virtuální sériový port

Vzhledem k potřebě zobrazit data o poloze inteligentního monitorovacího zařízení, bylo jako nejefektivnější zvoleno přímé zobrazení do mapového softwaru. Mapových softwarů je nepřeberné množství a proto se hledal univerzální způsob přenášení dat, společný všem těmto mapovým podkladům. Ukázalo se, že jediný společný komunikační prostředek, jímž disponují všechny typy GPS přijímačů, je standardní sériový kanál.

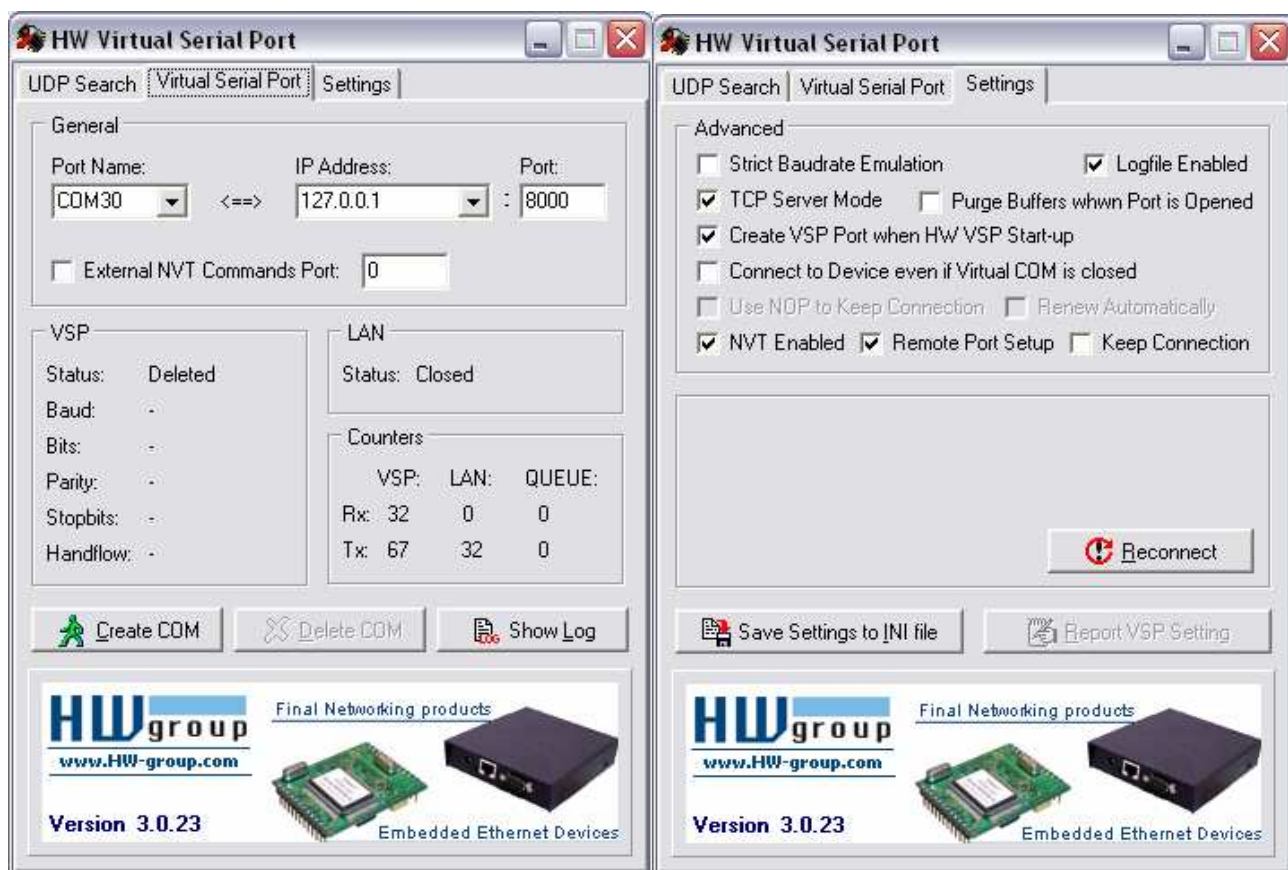
Proto bylo potřeba vytvořit sériový port, který by simuloval práci GPS přijímače se všemi náležitostmi. Jednou z možností bylo naprogramovat si vlastní ovladač pro Windows XP, vzhledem k pracnosti a rozsahu této problematiky se to však nejevilo jako reálné. Další možností je přenechat vytvoření a řízení virtuální sériového portu externímu modulu ActiveX. Toto řešení je perspektivní a snadno použitelné. Jedinou nevýhodou je cena – za licenci pro jeden počítač se platí \$100 a licence pro zapracování do vlastního projektu vyjde přibližně na \$3000. Vzhledem k tomu, že by to byla částka minimálně srovnatelná s cenou celého zařízení, bylo od tohoto řešení upuštěno. Investice by se vyplatila pouze v případě výroby větších sérií.

Jako vhodné řešení se nakonec ukázalo použití externího programu, který dokáže vytvořit virtuální sériový port. Jedná se o HW VSP3 [25]. Tato aplikace je freeware, a je tedy možné, při dodržení několika licenčních podmínek, využívat zdarma. Je určen ke vzdálenému řízení zařízení komunikujících po TCP/IP pomocí programu, který umí komunikovat pouze pomocí sériového portu. HW VSP3 tedy nejprve vytvoří virtuální sériový port, na který se připojí zmíněná aplikace (to může být např. hyperterminál). Dále dokáže zjistit, jaké zařízení komunikuje po TCP/IP.

HW VSP3 převezme informace posílané po sériové lince a zpracuje je do formy IP paketu, který poté vyšle na zadanou IP adresu. Zde již může být zařízení, které samo IP paket zpracuje a provede, nebo zde může být hardwarový převodník TCP/IP -> COM port, který data v paketu jen rozbalí a vyšle k dalšímu zpracování. Jedná se o obousměrnou komunikaci, takže je možné jak přijímat příkazy, tak zasílat odpovědi, popřípadě řídit. Z hlediska aplikace v PC to vypadá, jako kdyby vzdálené zařízení bylo připojeno přímo k sériovému portu počítače. Ve skutečnosti je však mezi nimi ještě LAN síť.

Těchto vlastností se dá celkem jednoduše využít tak, že jako cílovou adresu HW VSP3 zadáme adresu počítače, na kterém je spuštěna sama aplikace HW VSP3. Nejlepší je použít tzv. localhost neboli odkaz na právě používaný počítač, resp jeho síťovou adresu. K tomu je vyhrazen loopback – logická smyčka s IP adresou 127.0.0.1. Dále je potřeba vybrat TCP port, na kterém bude HW VSP očekávat příchozí připojení. Zde je možné zvolit jakýkoliv port z rozmezí 46540 – 65535, což jsou volné nerezervované porty, popřípadě volný port s číslem vyšším než 1023.

Nastavení pokračuje rezervováním čísla sériového portu, který bude simulovat funkci vzdáleného zařízení. Stačí pouze vybrat číslo portu, které je volné. To jsou většinou čísla vyšší než 20. Nižší čísla mají pro sebe rezervované fyzické sériové porty, Bluetooth® adaptéry a další.

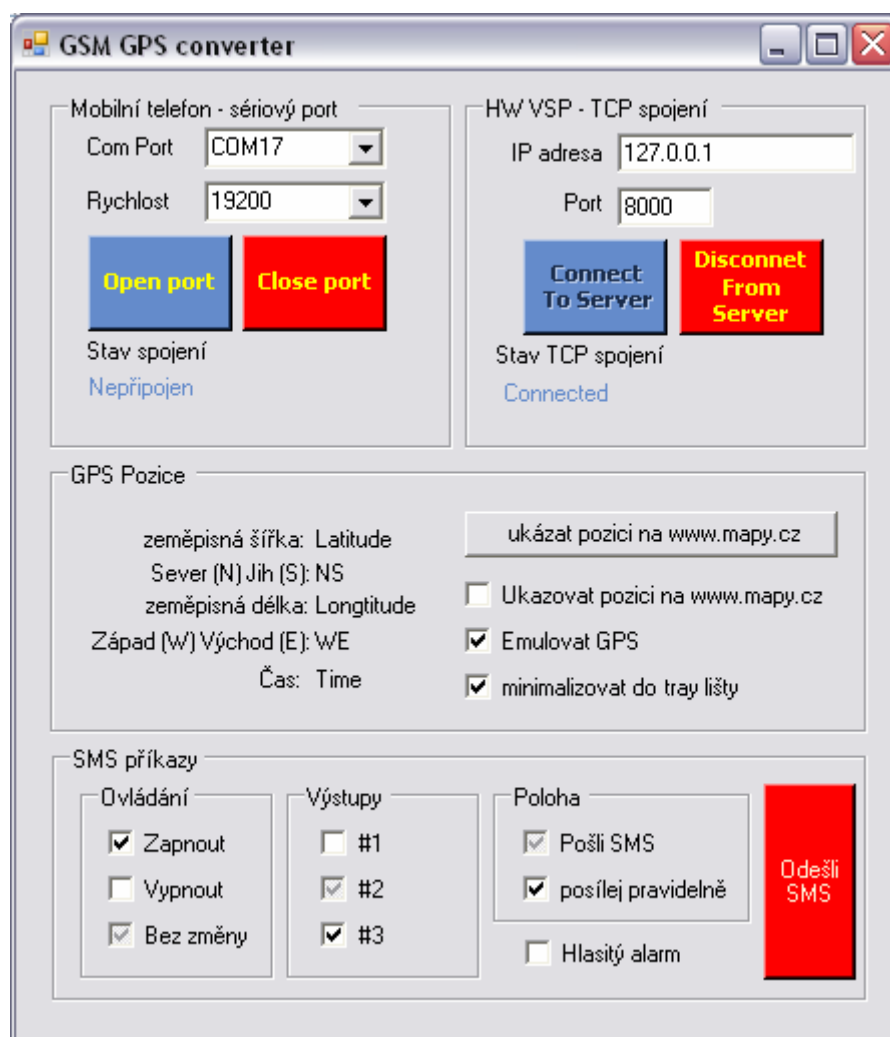


Obr. 31: Nastavení HW VSP

Nastavení samotné aplikace HW_VSP se provádí na záložce Settings. Zde je zapotřebí provést nastavení stejně jako je tomu na Obr. 31. Jelikož aplikace fungují pouze jako klient z hlediska TCP/IP komunikace, je zapotřebí provozovat HW_VSP v režimu serveru. Server bude „naslouchat“ přichozímu spojení. Další vhodnou volbou je *Create VSP Port when HW VSP start-up*, která zajistí vytvoření virtuálního seriového portu během startu aplikace. Po nastavení všech náležitostí, potřebných k bezvadnému chodu zařízení, je velice vhodné uložit nastavení do .ini souboru

Klientská aplikace (Obr. 32)

Jedná se o zjednodušenou verzi testovací aplikace, která bude popsána níže. Uživatel pouze zvolí sériový port, na kterém je připojeno GSM zařízení (mobilní telefon), nastaví TCP port, který musí souhlasit s portem nastaveným v aplikaci HW_VSP. Dále vybere, zda chce získanou pozici zobrazit na serveru www.mapy.cz nebo zda bude chtít simulovat GPS modul, což může použít, pokud vlastní některý mapový software, který umí spolupracovat s GPS modulem.



Obr. 32: Klientská aplikace pro PC

Vzhledem k aplikaci HW VSP se klientská aplikace chová jako síťový klient [29], tedy navazuje spojení. Proto je potřeba aplikaci HW VSP provozovat v režimu Server (naslouchá příchozí komunikaci), tak aby mohlo dojít k navázání standardní komunikace klient \Leftrightarrow server.

Jelikož se jedná o standardní TCP/IP komunikaci, může nastat komplikace v případě používání firewallu¹⁷. Ten totiž implicitně zahazuje všechny pakety kromě povolených, proto je potřeba nastavit výjimku na zvolený TCP port na kterém má probíhat komunikace mezi HW_VSP a klientskou aplikací.

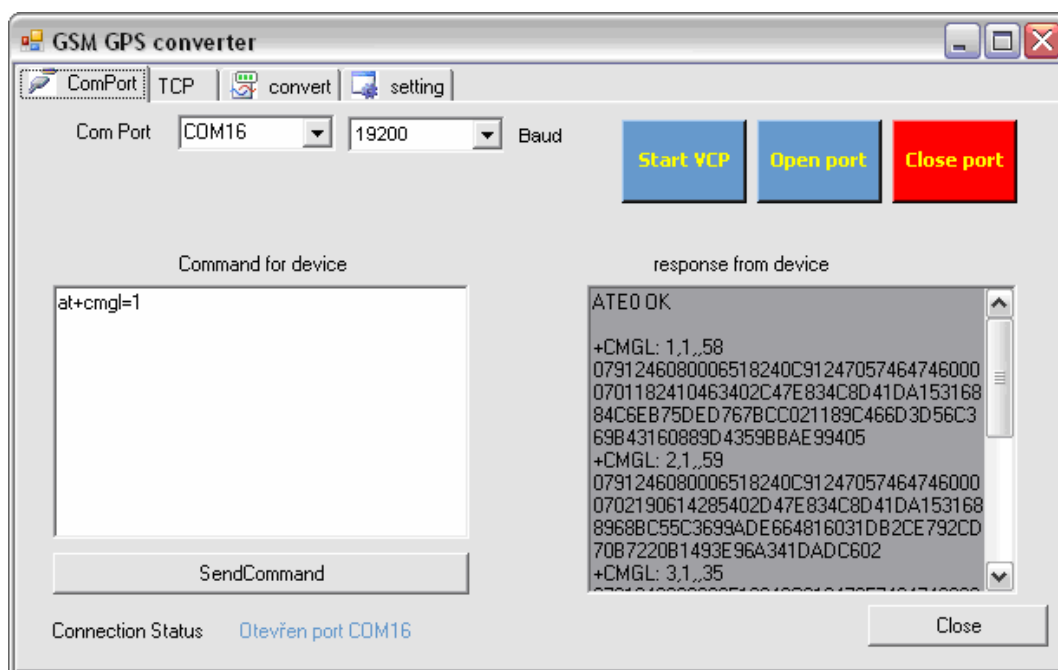
Uživatel má také možnost pomocí připojeného mobilního telefonu odeslat příkazy inteligentnímu monitorovacímu zařízení formou SMS zprávy, jejichž sestavení provede aplikace sama dle stanoveného formátu tak, aby bylo zařízením vždy správně interpretováno.

¹⁷ Speciální program, který zkoumá provoz na síťových adaptérech, propouští či zahazuje pakety a chrání počítač před napadením z venku.

Testovací aplikace

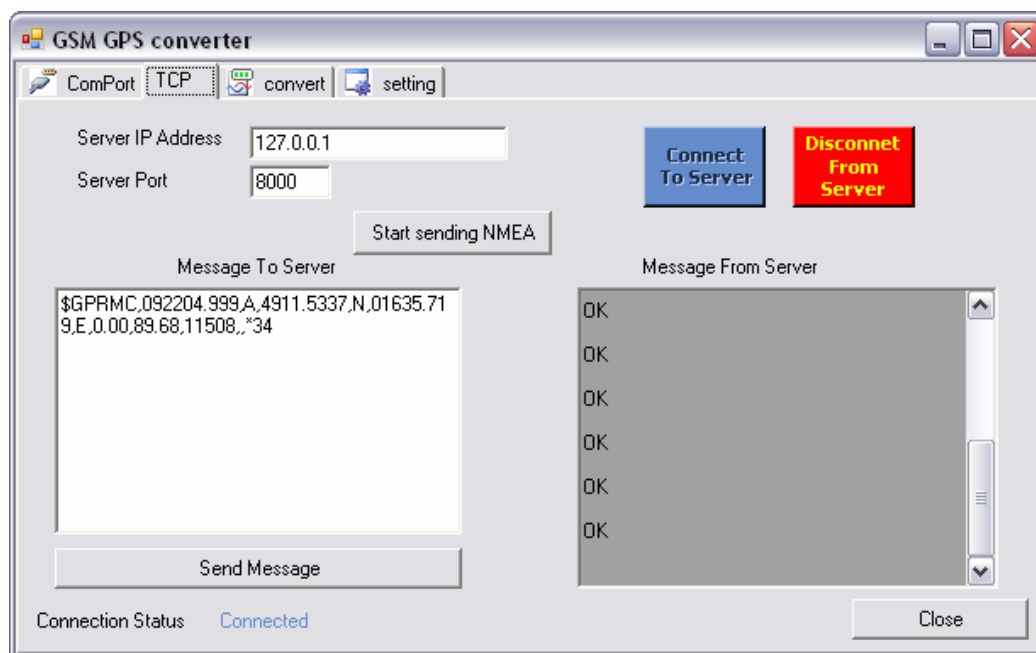
Pro účely odladění a testování byla nejprve vytvořena testovací aplikace, která je velice vhodná při uvádění do provozu, nebo při diagnostikování chyby. Aplikace je rozdělena do 4 částí – Sériový port, TCP/IP komunikace, čtení a zpracování SMS zpráv a nastavení samotné aplikace.

Sériový port se nastavuje na záložce ComPort (Obr. 33), je možné nastavit číslo portu a komunikační rychlost pro komunikaci s připojeným GSM zařízením (mobilní telefon). Dále aplikace informuje o stavu sériového portu, umožňuje otvírat a zavírat daný port. Také umožňuje ovládat GSM zařízení pomocí AT příkazů a zobrazit odpověď připojeného zařízení. Pomocí tlačítka Start VCP je možné spustit aplikaci HW VSP, pokud nebyla spuštěna během spouštění testovací aplikace.



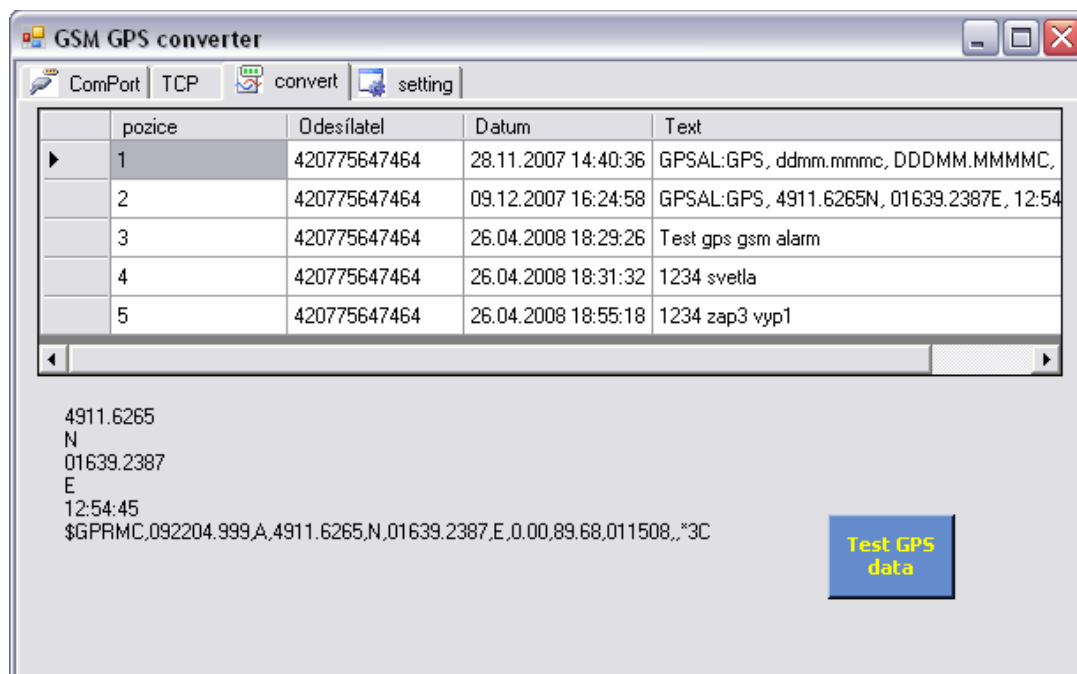
Obr. 33: testovací aplikace – sériový port

Nastavení TCP/IP se provádí na záložce TCP. Zde je možné nastavit IP adresu počítače a port, na kterém očekává HW VSP příchozí spojení. Z toho vyplývá, že je možné mít obě aplikace nejen na jednom počítači, ale také může jeden počítač zpracovávat příchozí data a jiný počítač zobrazovat polohu. Jelikož aplikace HW VSP funguje v roli serveru, je potřeba mít tuto aplikaci před navázáním TCP komunikace (otevřením portu) již spuštěnu, nastavenou a připravenou ke spojení.



Obr. 34: Testovací aplikace – TCP/IP

Záložka convert (Obr. 35) slouží k zobrazení načtených SMS zpráv z připojeného zařízení a jejich zobrazení. Pokud narazí na SMS zprávu, která začíná GPSAL:xxx, kde xxx GPS nebo GSM, tak tuto zprávu zpracuje a vytvoří z ní NMEA větu GPRMC, což je navigační věta nesoucí informace nezbytné pro stanovení polohy. Tuto větu vytvoří včetně platného kontrolního součtu a všech náležitostí.



Obr. 35: Testovací aplikace – zpracování SMS zpráv

Setting (Obr. 36) slouží k nastavení samotné aplikace. Je zde možnost nechat si zobrazit, pokud je k dispozici připojení k internetu, aktuální polohu na serveru www.mapy.cz (Obr. 38) a to pomocí tlačítka „View on www.mapy.cz“. Pokud není k dispozici mapový software, je možné, pokud povolí volbu „Ukazovat pozici na www.mapy.cz“, aby, vždy když dojde informace o aktuální poloze, ji automaticky zobrazil na daném mapovém serveru. Program otevře okno aplikace Microsoft Internet Explorer a sám vloží vhodnou URL adresu. Pokud je povolena volba pro automatické zobrazování polohy na internetovém severu, tak se pozice vždy objeví v tom samém okně prohlížeče.



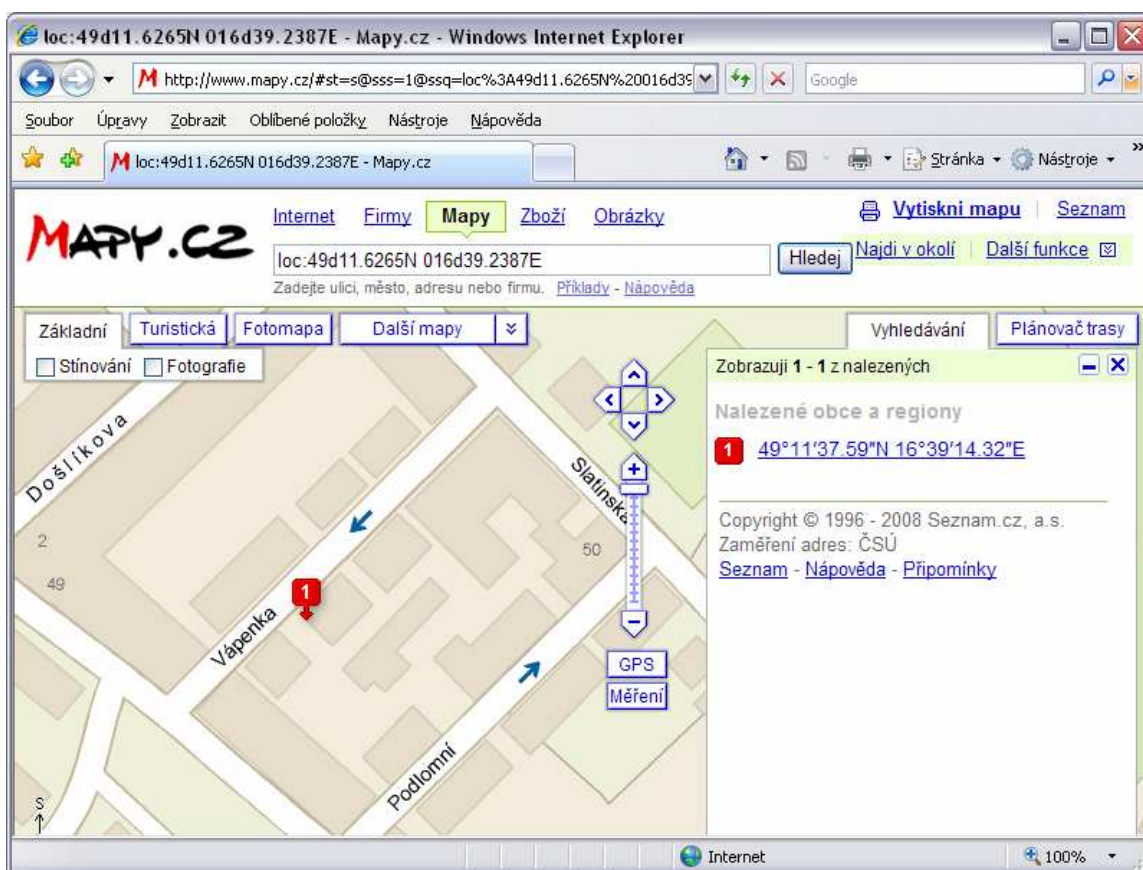
Obr. 36: Testovací aplikace – Globální nastavení

Volba „Emulovat GPS“ povoluje nebo zakazuje použití virtuálního sériového portu, tedy emulace GPS modulu. Pokud je tato volba aktivní, tak při spuštění aplikace GPS – GSM converter se automaticky spouští i aplikace HW VSP, která je pro emulaci nezbytná. Samozřejmě pouze v případě, že je daná aplikace nainstalovaná a dostupná.

Minimalizovat do tray lišty způsobí po minimalizaci aplikace zobrazení aplikace pouze jako ikonky s motivem zeměkoule (Obr. 37) v prostoru spuštěných aplikací (tray).



Obr. 37: Minimalizovaná aplikace s výpisem aktuální pozice



Obr. 38: Zobrazení polohy pomocí internetového serveru www.mapy.cz

4.4 Klientská aplikace pro PDA/PocketPC

Aplikace je určená pro PDA nebo PocketPC používající operační systém Microsoft Windows Mobile ve verzi 5 nebo novější. Jedná se v současnosti o nejrozšířenější operační systém v oblasti kapesních počítačů. Tento operační systém se vyskytuje ve 3 verzích, Profession, Standard a Classic. Profesional je určen pro zařízení vybavená dotykovým displejem a telefonním modulem, Standard je určen pro zařízení BEZ dotykového displeje vybavené telefonním modulem, někdy se jim též říká *smartphone* a verze Classic je určena pro zařízení s dotykovým displejem bez telefonního modulu, tedy klasická PDA.

Aplikace je určena pro provozování na zařízeních s operačním systémem ve verzi Professional, tedy s dotykovou obrazovkou a telefonním modulem. Dotyková obrazovka usnadňuje ovládání a telefonní modul je potřeba k tomu, aby bylo možné přijímat SMS zprávy z inteligentního sledovacího zařízení.

K provozu aplikace je opět potřeba podpůrná aplikace, která vytvoří VCP. Bohužel HW VSP je k dispozici jen pro osobní počítače typu PC s operačním systémem Windows XP nebo Windows Vista. Ani žádná další aplikace pro daný OS není zdarma k dispozici. Vytvořená aplikace byla testována se zkušební verzí aplikace *Serial Splitter CE 2.9* od společnosti ELTIMA gmbh. Jedná se o aplikaci, která vytvoří dva VCP a propojí je jako nullmodem. Je tedy možné připojit dvě aplikace komunikující po sériovém portu tak, aby si mohly mezi sebou vyměňovat data.

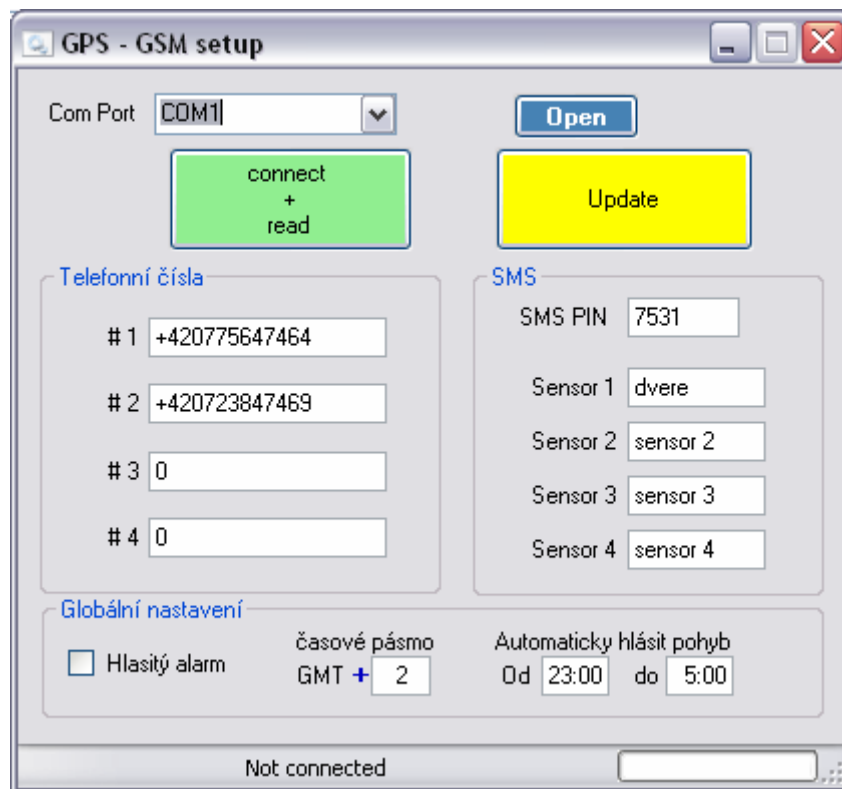
5 Nastavení, ovládání a provoz

V případě potřeby zařízení odesílá informaci o poloze na předem definovaná čísla, stejně tak přijímá SMS příkazy jen od předem definovaných čísel s platnou autorizací. Proto je potřeba před začátkem používání uložit do inteligentního monitorovacího zařízení zmíněné údaje. Jedná se vesměs o telefonní čísla, které bude zařízení kontaktovat odpovídajícím způsobem, popřípadě od kterých čísel bude přijímat příkazy formou SMS. Dále je možné nastavit přístupové kódy PIN, které slouží jako heslo k provedení SMS příkazu.

Právě k tomuto účelu slouží aplikace GPS – GSM setup (Obr. 39), která komunikuje po sériovém portu se zabezpečovacím zařízením. Z bezpečnostních důvodů tato možnost není dostupná přes BlueTooth®. Jedná se však jen o programové omezení, takže v případě potřeby je možné tuto možnost doplnit.

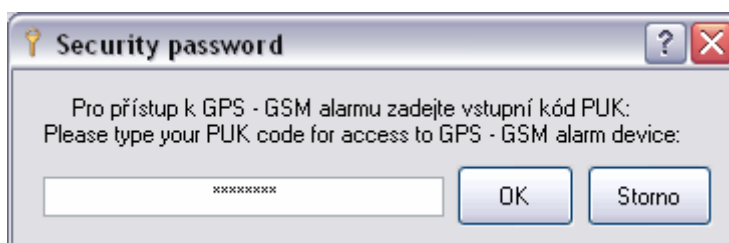
5.1 Nastavení před uvedením do provozu

Komunikace tedy probíhá po sériové lince standardním způsobem 8N1 rychlostí 9600 baudů. Nejprve je potřeba v aplikaci zvolit sériový port, ke kterému je inteligentní monitorovací zařízení připojeno. Tlačítkem Open se otevře sériový kanál a může začít komunikace. Pokud připojení proběhne v pořádku, je možné vyčíst aktuální data ze zařízení pomocí tlačítka connect + read.



Obr. 39: Aplikace pro nastavení zařízení

Z důvodu ochrany proti neautorizovaným zásahům je přístup k uloženým informacím a především jejich změna povolena jen při zadání správného hesla PUK. Jedná se o maximálně 8 místné heslo, které může obsahovat jakékoliv ASCII¹⁸ znaky i čísla kromě znaku „,%“ (25_h). Kontrolu správnosti hesla PUK neprovádí aplikace, ale samotné hardwarové zařízení. Odpadá tedy riziko „odposlechnutí“ správného PUK kódu.



Obr. 40: Zabezpečení ukládání dat pomocí kódu PUK

Aplikace umožňuje nastavit mimo zmíněná 4 telefonní čísla také PIN kód, který slouží spolu s telefonním číslem odesílatele pro ověření důvěryhodnosti přijaté SMS zprávy. PIN kód je maximálně 4 místný, měl by obsahovat pouze čísla a základní ASCII znaky. Dále je možné nastavit text, který bude uveden v textu varovné SMS zprávy při narušení prostoru vozidla. Místo obecných označení senzor 1, senzor 2 atd. je možné uvést, kam jsou čidla připojena a rychleji se tak zorientovat v případě potřeby. Název musí mít maximálně 10 znaků.

V části Globální nastavení je možné zvolit, zda v případě vniknutí do vozu bude automaticky aktivován hlasitý alarm (houkání), nebo majitele pouze upozorní SMS zpráva s popisem čidla, které způsobilo poplach. Časové pásmo je potřeba nastavit z důvodu správného určení aktuálního času a z toho vyplývajícího automatického odeslání SMS v případě pohybu vozidla v definovaném časovém rozsahu. Je to proto, že zvolený mikrokontrolér nedisponuje obvodem RTC.

Naproti tomu, ale aktuální čas lze získat z GPS přijímače. Jelikož je GPS globální systém, tak se čas přenáší jako UTC¹⁹ a z toho důvodu je potřeba nastavit správnou hodnotu odchylky pro dané časové pásmo. Poslední částí je zvolit v jakém časovém rozsahu bude pohyb auta automaticky hlášen bez ohledu na nastavení. Pokud volba automatického hlášení pohybu není žádoucí, stačí nastavit časy v rozmezí 1 minuty.

Po provedení změn je potřeba nové údaje znovu nahrát zpět do inteligentního monitorovacího zařízení. To se provede tlačítkem Update.

¹⁸ ASCII – American Standard Code for Information Interchange

¹⁹ UTC – coordinated Universal Time, tedy koordinovaný světový čas a jednotlivá pásma se definují celočíselnou odchylkou v hodinách. UTC se řídí atomovými hodinami.

Komunikace probíhá dle vývojového diagramu (Obr. 26) předem definovaným způsobem. Po otevření komunikačního portu začne program v PC střídavě vysílat znaky 6E_h a 25_h čímž signalizuje připravenost. Jakmile mikrokontrolér zachytí tuto sekvenci, vyšle odpověď 91_h a DA_h pro potvrzení správnosti příjmu. Pokud návratovou sekvenci vyhodnotí počítač správně, zobrazí dialogové okno pro zadání bezpečnostního hesla PUK.

Po zadání je PUK kód vyslán do inteligentního monitorovacího zařízení sériovým portem a zde dojde k jeho ověření. Odeslání je velice jednoduché - \$PUK%, začíná se tedy odesláním znaku \$ (24_h), následuje vlastní kód PUK ve formátu ASCII a konec kódu oznamuje znak % (25_h). Startovací a koncový znak během odeslání kódu PUK je nutný z důvodu možného rozdílného počtu znaků samotného PUK kódu.

Jakmile mikrokontrolér přijme znak dolaru (24_h) začne přijímat znaky tak dlouho, dokud nenarazí na znak %, maximálně však 10 znaků. Poté ověří, zda přijatá posloupnost znaků souhlasí s uloženým kódem v paměti eeprom, a pokud ano, tak na sériovou linku vyšle sekvenci F0_h, pokud nesouhlasí, vyšle sekvenci 0F_h signalizující špatně zadaný kód PUK.

V případě, že uživatel zadá správný kód, začne mikrokontrolér také ihned posílat data nastavená v eeprom paměti mikrokontroléru, a jež je možno upravit před používáním inteligentního monitorovacího zařízení. Data posílá v následujícím formátu:

D;#1;#2;#3;#4;PIN;seq1;seq2;seq3;seq4;merg;odhod;odmin;dohod;domin;E

Kde:

D – znak D (44_h) uvozující začátek dat

#1 až #4 – telefonní čísla na odpovídající pozici

PIN – čtyřmístné heslo pro SMS příkazy

seq1 až seq4 – textové výrazy pro senzory 1-4

merg – bitová hodnota hlasitého alarmu a údaj o časovém pásmu – *bxxusss_b*

b – bitová hodnota hlasitého alarmu (1 => zapnuto/ 0 => vypnuto)

xx – vyhrazeno pro další použití

u – bitová hodnota znaménka UTC (1 => + / 0 => -)

ssss – rozdíl v hodinách daného časového pásma od hodnoty UTC (0 až 12)

odhod – číselný údaj od kdy má alarm automaticky hlásit pohyb vozidla – hodina

odmin – číselný údaj od kdy má alarm automaticky hlásit pohyb vozidla – minuty

dohod – číselný údaj do kdy má alarm automaticky hlásit pohyb vozidla – hodiny

domin – číselný údaj do kdy má alarm automaticky hlásit pohyb vozidla – minuty

E – uvozuje konec vysílání dat

Všechny výše uvedené části komunikace jsou odděleny znakem středník (3B_h)

5.2 Popis konstrukce SMS příkazu

Pro vzdálené ovládání inteligentního monitorovacího zařízení slouží SMS zprávy v pevně daném formátu, který je popsán v **Tab. č. 14**. Příkazy jsou uváděny ve formě textových identifikátorů, stejně tak jsou uváděny i požadované akce. Tento způsob ovládání byl zvolen proto, aby bylo možné SMS zprávu s příkazem vytvořit nejen pomocí aplikace na připojeném počítači, ale především na samotném mobilním telefonu v terénu a bez manuálu.

Samozřejmě telefonní číslo odesílatele musí být jedním z uložených čísel při nastavování zařízení. Dále je potřeba uvést správný SMS PIN kód, aby byly příkazy uvedené ve zbytku SMS zprávy provedeny.

Obsah formát SMS příkazu:

ALARM:PIN,vystup1:volba,vystup2:volba,...,prikaz

Tab. č. 14: části SMS příkazu

ALARM	klíčové slovo SMS příkazu
PIN	4 místný kód pro ověření odesílatele
vystupx	Identifikace výstupu, který chceme ovládat Rele – releový výstup zařízení Tr1 – tranzistorový spínač #1 Tr2 – tranzistorový spínač #2 Sirena – hlasitý alarm Posilejpozici – automatické posílání pozice v daném intervalu
Volba	Akce, kterou chceme s příslušným výstupem provést Zapnout – daný výstup se aktivuje Vypnout – daný výstup se deaktivuje
Prikaz	Přímá akce, kterou má zařízení provést Pozice – pošle aktuální pozici zařízení Deaktivuj – deaktivuje alarm do dalšího vypnutí zapalování Aktivuj – aktivuje alarm Sirena – aktivuje hlasitý alarm Sirenastop – vypne hlasitý alarm

Při dekódování SMS zprávy není inteligentní monitorovací zařízení citlivé na velikost písmen. Je však vhodné psát text malými písmeny. Během vytváření SMS příkazu však musí uživatel bezpodmínečně dodržet začátek zprávy slovem ALARM a každý příkaz oddělit čárkou. V textu příkazu není nutné uvádět celou posloupnost všech výstupů, ale stačí uvést jen ty výstupy, jejichž hodnotu chce změnit.

5.3 Provoz

Důležitá je také otázka ceny provozu samotného zařízení. Je jasné, že přímé náklady na pořízení inteligentního sledovacího zařízení by mohly být časem převýšeny náklady provozními. Pokud bychom využili služeb předplacených karet typu Go, Twist nebo Oskarta muselo by zařízení ještě zjišťovat stav kreditu a v případě překročení limitu varovat uživatele. Navíc je zde riziko, že kredit bude vyčerpán právě ve chvíli, kdy bude funkčnost zařízení nejvíce potřeba. Proto je vhodné zvolit místo předplacené karty spíše tarif. Vzhledem k častým změnám ceníku a tarifů jednotlivých telefonních operátorů, nebudu uvádět srovnávací tabulky. Je vždy výhodné zjistit aktuální stav trhu a dle něj se rozhodnout.

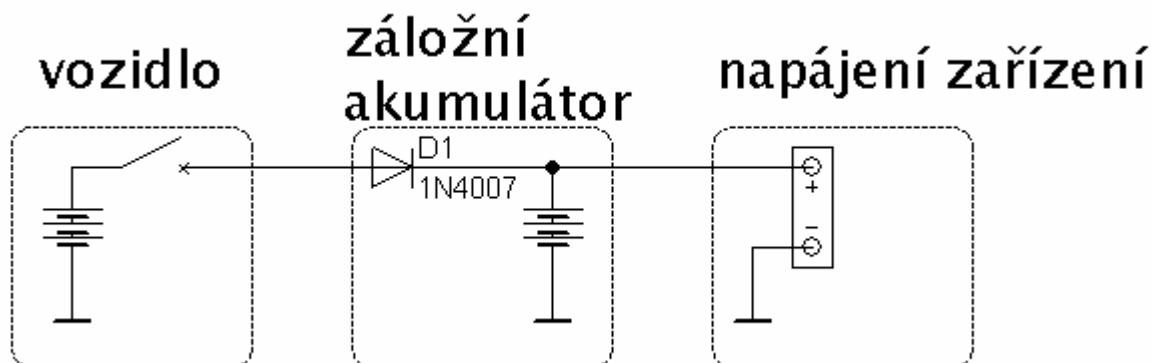
V době psaní této diplomové práce bylo nejvýhodnější pořídit tarif „Odepiš“ od telefonního operátora Vodafone za měsíční poplatek 10 Kč s tím, že cena jedné SMS zprávy do stejné sítě je 42 haléřů včetně DPH. Pokud bychom počítali, že by zařízení poslalo v průměru 30 SMS zpráv měsíčně, tak se dostáváme k částce okolo 30 Kč měsíčně včetně paušálního poplatku. Pokud bychom uvažovali o vylepšení zařízení a neustálý přenos informací o poloze pomocí systému GPRS, tak cena za 1kB je 6 haléřů. Pokud budeme uvažovat snímání polohy každých 30 vteřin a velikost 20 B na jedno určení polohy, tak vychází denně 56 kB, tedy přepočteno na peníze asi 3,40 Kč denně, za měsíc potom částku okolo 100 Kč za nepřetržité sledování [30].

5.4 Záložní napájení

U takového typu zařízení je vhodné, aby byl vybaven záložním zdrojem napájení. Jelikož je několik možností jak toto provést, je část o záložním napájení uvedena samostatně. Nejjednodušším řešením je samozřejmě provoz bez záložního zdroje, to ovšem znamená, že v závislosti na připojení inteligentního monitorovacího zařízení do vozidla by nastávaly dva jevy. Buď by zařízení vybíjelo akumulátor vozidla i v době nečinnosti vozidla, nebo by zařízení zareagovalo pouze v případě, kdy by byl zapnut motor (zapalování) vozidla. Oba zmíněné jevy mají jasné nevýhody, buď je riziko, že zařízení vybije akumulátor vozidla a nebude možné jej nastartovat, nebo jakmile nepoběží motor vozidla, nebudeme jej schopni lokalizovat.

Záložní baterie znamená další investici, která se však může vyplatit. Existuje několik možností jak záložní zdroj připojit k zařízení. Nejjednodušší z hlediska připojení a montáže je použít hermetický olověný bezúdržbový akumulátor se stejným napětím jako má akumulátor vozidla. Tento záložní akumulátor připojit paralelně k akumulátoru vozidla přes ochrannou diodu, jak je uvedeno na Obr. 41. Dioda spíše než ochranu před přepólováním zajišťuje ochranu před zpětným odběrem proudu do napájecí sítě vozu.

Hermeticky uzavřené akumulátory se vyrábí s různými kapacitami, od nichž se potom odvíjí jejich cena a také velikost. Jedinou velkou nevýhodou těchto akumulátorů je právě jejich velikost a hmotnost.



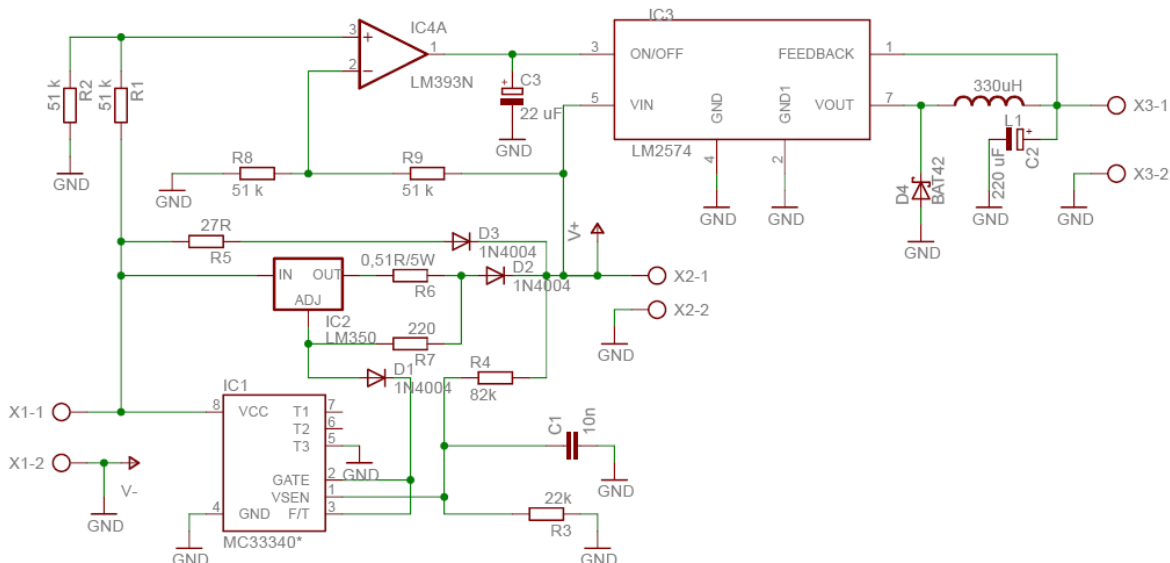
Obř. 41: Připojení záložního Pb akumulátoru

Další možností je použít baterii složenou z NiCd nebo NiMH článků. Toto řešení již vyžaduje návrh samostatné nabíječky, protože článkům na bázi niklu nesvědčí, pokud jsou nabíjeny, aniž by předtím nebyly úplně vybity. Nejjednodušší a obvodově nejméně náročný způsob nabíjení těchto článků je tzv. „standardní“ nabíjení konstantním proudem odpovídajícím 1/10 kapacity článku. To ovšem znamená nabíjecí čas přesahující 10 hodin, avšak u vozidel není běžné, aby bylo v provozu 10 a více hodin nepřetržitě. Proto je potřeba zvolit alespoň zrychlené nabíjení s dobou nabíjení kolem 2 hodin, při kterém se článek nabíjí proudem odpovídajícím přibližně 1/2 kapacity článku. To již vyžaduje řízení procesu nabíjení pomocí autonomního obvodu, který zajistí správné nabíjení článku a především včasné ukončení nabíjecího procesu.

Jako vhodné se jeví použít modelářské šestičlánekové baterie s nominálním napětím 7,2 V. Toto napětí je vhodné z důvodu potřeby nabíjení pomocí nabíječky, která způsobí určitý úbytek napětí. Jsme totiž omezeni napájecím napětím z palubní sítě vozidla, většinou tedy 12 V, úbytek na nabíječce se pohybuje okolo 2 – 3 V a zbývá nám tedy rezerva okolo 2 V.

NiCd a NiMH modelářské baterie jsou dostupné v různých kapacitách od 1000 mAh do 4500 mAh a cenově jsou srovnatelné s olověnými akumulátory. Určitou výhodou oproti hermetickým olověným akumulátorům je jejich standardizovaná velikost a nižší hmotnost. Nevýhodou je potom složitější obvodové zapojení. Pro vytvoření odpovídající nabíječky existuje několik specializovaných integrovaných obvodů od různých výrobců. Při návrhu jsem se zaměřil na dostupný obvod MC33340. Navrhované zapojení vychází z doporučeného katalogového zapojení, jež je uvedeno v [31].

Dále je schéma doplněno o napěťový komparátor a DC-DC měnič, který má lepší účinnost než obyčejný napěťový stabilizátor a navíc disponuje vstupem pro zapnutí nebo vypnutí výstupního napětí (Obr. 42).



Obr. 42: Schéma obvodu nabíjení záložní baterie

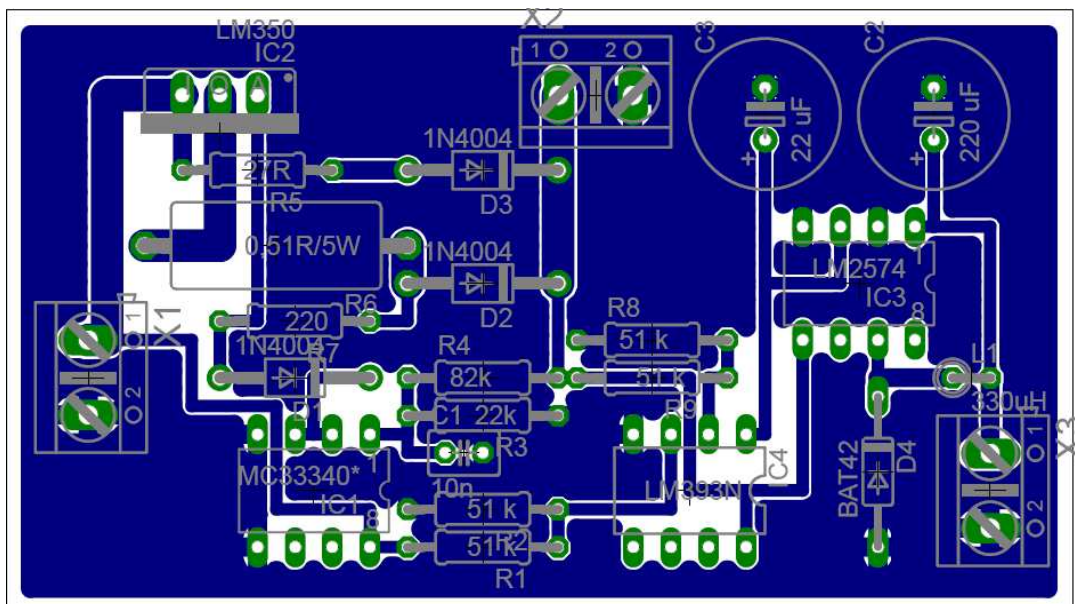
Na vstup X1 je přivedeno napětí z palubní sítě automobilu, X2 je konektor pro připojení záložní baterie a X3 je napěťově stabilizovaný výstup 5 V pro záložní napájení inteligentního monitorovacího zařízení.

Zapojení se skládá z doporučeného zapojení pro integrovaný obvod MC33340 [31], který zajišťuje řízení procesu nabíjení, dále z doporučeného zapojení integrovaného obvodu LM2574 [32], což je DC-DC měnič a napěťového komparátoru LM393 [33]. V případě, že je obvod napájen z palubní sítě vozidla, dochází k nabíjení baterie. Na „+“ vstupu komparátoru je vyšší napětí než na „-“ vstupu a na výstupu je kladné napětí. Toto kladné napětí je přivedeno na ovládací vstup LM2574, kde způsobí uvedení zmíněného obvodu do režimu nečinnosti.

Ve chvíli, kdy dojde k výpadku napětí z palubní sítě vozidla, bude napětí na „+“ vstupu komparátoru IC4 nižší než na „-“ vstupu a tím dojde k překlapaní výstupu komparátoru na úroveň log. 0. Tato úroveň aktivuje DC-DC měnič reprezentovaný obvodem LM2574 a ten ihned začne dodávat stabilizované napětí na výstup X3.

Návrh plošného spoje pro ovládací obvod záložní baterie je uveden na Obr. 43. Důvodů, proč je realizován samostatně, je hned několik. Jednak je to z důvodu možnosti ponechání výběru, zda vůbec záložní zdroj použít, dále je to možnost jednoduše modifikovat zapojení v případě změny součástkové základny a jedním z důvodů je také teplo vznikající během

nabíjecího procesu. Baterie je nabíjena proudem 2 A, úbytek napětí na integrovaném obvodu LM350 je přibližně 3 V, což dává výkonovou ztrátu 6 W.



Obr. 43: návrh DPS pro řídicí obvod záložní baterie

6 Závěr

Na základě teoretického rozboru a funkčních předpokladů byl navržen a vytvořen funkční prototyp inteligentního monitorovacího zařízení splňující téměř všechny požadavky stanovené v úvodu. Zařízení je tedy schopno zjistit svoji polohu pomocí GPS satelitního přijímače a informaci o své aktuální poloze předat nadřazenému komunikačnímu systému. Nadřazeným komunikačním systémem se rozumí GSM zařízení s telefonním číslem, na které inteligentní monitorovací zařízení zasílá SMS zprávy. Tyto SMS zprávy je poté možné zpracovat pomocí počítače se speciálním programovým vybavením, nebo „ručně“ přechíst údaj a pozici vyhledat v mapě.

Softwarové vybavení osobního počítače je taktéž součástí diplomové práce a je vyhotoveno v několika typech. Jedním typem je uživatelský software, který se jednoduše nastavuje a ovládá. Jeho činnost spočívá ve čtení doručených SMS zpráv z připojeného mobilního telefonu a pokud narazí na SMS zprávu obsahující informace od inteligentního monitorovacího zařízení, tak ji zobrazí. Zařízení odesílá dva druhy zpráv – narušení a poloha. V případě narušení hlídaného prostoru odešle SMS s varováním a PC aplikaci ji pouze zobrazí na monitoru počítače. V případě, že bude doručena informace o pohybu zařízení spolu s jeho polohou, aplikace polohu zpracuje do použitelné formy a zobrazí na mapovém podkladu zvoleným způsobem. Dalším typem je testovací aplikace, funkčně je stejná jako uživatelská aplikace, jen zobrazuje více detailů ohledně zpracování zpráv. Je vhodná především pro uvedení zařízení do chodu nebo hledání chyby.

Za účelem uložení potřebných údajů do mobilního monitorovacího zařízení byla také vytvořena aplikace GPS-GSM Setup, která umožňuje do EEPROM paměti zařízení uložit telefonní čísla, které má v případě potřeby zařízení kontaktovat, dále bezpečnostní heslo pro SMS příkazy a také výchozí nastavení zařízení. Toto nastavení je možné provést jen v případě, že je inteligentní monitorovací zařízení přímo spojeno s počítačem, na kterém je spuštěna tato aplikace.

Dále byla pro testovací účely vytvořena aplikace pro kapesní počítače s operačním systémem Windows Mobile. Jedná se pouze o testovací aplikaci, která by však jistě zasloužila další rozvoj a to z toho důvodu, že počet uživatelů kapesních počítačů každoročně roste.

Během návrhu však nebyl dodržen požadavek na záložní napájení celého zařízení z baterie mobilního telefonu. Vedlo k tomu hned několik důvodů. Jedním z nich byla špatná dostupnost konektorů baterie u zamýšlených typů mobilních telefonů, dalším potom malá kapacita a spolehlivost zmíněných baterií. Navíc je zde také možnost, při eventuelní výrobě většího množství kusů, použít GSM modemy, které žádnou baterií nedisponují. To by poté vyžadovalo přepracování návrhu.

Namísto záložního napájení z baterie mobilního telefonu byl proveden návrh na připojení externích baterií pro záložní napájení a to formou olověných hermetických bezúdržbových akumulátorů nebo NiMH, popřípadě NiCd, modelářských baterií. Při použití modelářských baterií je potřeba autonomní řídicí obvod, který se stará o nabíjení zmíněných baterií. Návrh řídicího obvodu pro záložní baterie na bázi niklu je taktéž součástí práce.

V průběhu návrhu a stavby samotného zařízení vyplynulo několik dalších možností pro vylepšení nad rámec původního zadání. Jednou z nich je využití technologie Bluetooth®, která umožňuje využívat zařízení i v běžném provozu, kdy ostatní konkurenční systémy jsou v nečinnosti nebo mají omezené využití. V podstatě se jedná o možnost využít celé inteligentní monitorovací zařízení jako běžnou silniční GPS navigaci.

Další, již nerealizovanou, možností je využití datových přenosů místo SMS. Hlavní výhoda by byla především v možnosti mít neustále přehled o pozici vozidla s inteligentním monitorovacím zařízením. Tato možnost by byla užitečná především pro majitele většího počtu vozů, tedy spíše pro firmy. Realizace by, díky univerzálnosti návrhu hardware, obnášela jen minimální změny a to ve firmware řídicího mikrokontroléru. Konkrétně by se jednalo o funkce spojené se systémem GPRS. Dále by však bylo nutné vytvořit server, na kterém by se dané informace shromažďovaly a také vytvořit konektor, který by dokázal zmíněné informace zobrazit do mapy. Téma je natolik široké, že by, dle mého názoru, vydalo na samostatnou diplomovou práci.

V případě pokračování na projektu by také bylo možné vylepšit uživatelský software o záznam přijatých údajů o poloze a jejich následné celkové zobrazení na mapovém podkladu jakým je například Google maps nebo aplikace Google Earth. Další vhodnou možností by bylo generování jednoduché knihy jízd ze zaznamenaných údajů.

V průběhu práce bylo také potřeba vyřešit otázku volby telefonního operátora a také vhodného tarifu, který by umožnil minimalizovat náklady na provoz systému. Tedy takový, který co nejvíce zohlednil navržený systém komunikace pomocí SMS zpráv. Jako nejvýhodnější se aktuálně ukázal tarif „Slyším Vás“ od mobilního operátora Vodafone. V případě realizace datových spojení pomocí GPRS již situace tak jednoznačná není, zde se totiž ceny jednotlivých telefonních operátorů liší jen velice nepatrně.

7 Použitá literatura

- [1] Wikipedia contributors, *Global Positioning Systém* [online]. [cit. 2008-03-20]. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
- [2] MARTÍNEK, Jan. *GPS a komunikační protokol NMEA – 1* (princip, historie) [online]. 6. 9. 2006, [cit. 2008-03-23]. Dostupné z WWW: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/ruzne/gps-a-komunikacni-protokol-nmea-1-princip-historie>
- [3] Wikipedia contributors, *Global System for Mobile Communications* [online]. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications
- [4] Wikipedia contributors, *Systém základnových stanic* [online]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/BTS>
- [5] Atmel Corporation, *8-bit AVR with 8K Bytes In-System Programmable Flash Atmega8* [online]. 28. 8. 2007, [cit. 2008-01-20] Dostupný z WWW: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf
- [6] SemTech Corporation., *GPS receiver RGPSM002 datasheet* [online]. 21. 6. 2006, [cit. 2008-03-20]. Dostupný z WWW: <http://www.semtech.com/pc/downloadDocument.do?id=783>
- [7] RainSun Corporation, *BlueTooth® module BT-20 datasheet* [online]. 18. 12. 2003, [cit. 2008-04-22]. Dostupný z WWW: <http://www.lierda.com/upload/editor/20061229/1167353725.pdf>
- [8] RainSun Corporation, *BlueTooth® module BT-20* [online]. 6. 5. 2004, [cit 2008-03-21]. Dostupný z WWW: <http://www.rainsun.com/web-download/BT-20.pdf>
- [9] CSR plc., *BlueCore2-External Data Book – BC212012* [online]. 5. 12. 2005. Dostupný z WWW: <http://www.csrsupport.com/download/83/BC212015-ds-001Pj%20BlueCore2-External%20Data%20Sheet%20AUG06.pdf>
- [10] NXP semiconductors, *Dual 4-channel analogue multiplexer/demultiplexor* [online]. 4. 11. 2000, [cit. 2008-04-20]. Dostupný z WWW: http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/HEF4052B_CNv_3.pdf
- [11] Texas Instruments, Incorporated, *High-Speed CMOS Logic Analog Multiplexers/Demultiplexers - CD54/74HC4053, CD74HCT4053* [online]. 14. 4. 2008, [cit. 2008-04-20]. Dostupný z WWW: <http://focus.ti.com/lit/ds/schs122i/schs122i.pdf>

- [12] Sharp Electronics Corporation, *DIP 4pin General Purpose Photocoupler PC817XJ0000F series* [online]. 17. 8. 2005. Dostupný z WWW: http://document.sharpsma.com/files/pc817x_eJ.pdf
- [13] STMicroelectronics, *8-input NAND gate 74HC30* [online]. 12. 2. 2008 Dostupný z WWW: <http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/1943/m74hc30.pdf>
- [14] Wikipedia contributors, *Protocol data unit – PDU* [online]. [cit. 2008-02-2]. Dostupné z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Protocol_data_unit
- [15] HANKOVEC, David. *Vytvoření PDU formátu SMS zprávy a odeslání mobilním telefonem* [online]. [cit. 2008-04-2]. Dostupné z WWW: http://www.dhservis.cz/dalsi/construction_pdu.htm
- [16] Pettersson, Lars, *SMS messages and The PDU format* [online]. [cit. 2008-02-2]. Dostupný z WWW: <http://www.dreamfabric.com/sms/>
- [17] European Telecommunications Standards Institute, *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); AT Command set for GSM Mobile Equipment (ME) (3GPP TS 07.07 version 7.8.0 Release 1998)* [online]. 1998, [cit. 2008-03-2] Dostupné z WWW: http://pda.etsi.org/pda/home.asp?wiki_id=Omk6XM-'urikjmpkSSW4C
- [18] European Telecommunications Standards Institute, *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (GSM); Use of Data Terminal Equipment - Data Circuit terminating; Equipment (DTE - DCE) interface for Short Message Service (SMS) and Cell Broadcast Service (CBS) (GSM 07.05 version 7.0.1 Release 1998)* [online]. Dostupné z WWW: http://webapp.etsi.org/exchangefolder/ts_100585v070001p.pdf
- [19] Wikipedia contributors, *NMEA 0183* [online]. [cit. 2008-02-2]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/NMEA>
- [20] MARTÍNEK, Jan. *GPS a komunikační protokol NMEA – 3 (dekódování dat)* [online]. 10. 10. 2006, [cit. 2008-05-18]. Dostupné z WWW: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/ruzne/gps-a-komunikacni-protokol-nmea-3-dekodovani-dat>
- [21] Mihai, *NMEA-0183 Protocol Description* [online]. 3. 3. 2004. Dostupný z WWW: www.remember.ro/dl/nmea0183.pdf
- [22] BADDELEY, Glen. *GPS - NMEA sentence information* [online]. 13th June 2007, [cit. 2008-05-18]. Dostupný z WWW: <http://home.mira.net/~gnb/gps/nmea.html>

- [23] VÁŇA, V. *Programování v jazyce C – popis a práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C*. Praha: Ben – Technická literatura 2003. 216 stran. ISBN 80-7300-102-0
- [24] Maxim Integrated Products, *+5V RS-232 Transceiver* [online]. 23. 4. 2006. Dostupný z WWW: <http://pdf1.alldatasheet.co.kr/datasheet-pdf/view/73029/MAXIM/MAX232ECWE.html>
- [25] HW Group, *HW VSP – Virtual Serial Port*. [cit. 2008-05-18]. Dostupný z WWW: http://www.hw-group.com/products/hw_vsp/index_en.html
- [26] FOLTÝN, Petr. *Algoritmy pro kódování a dekódování SMS* [online]. 2004, [cit. 2008-03-18]. Dostupný z WWW: <http://www.folcom.cz/?page=pdu>
- [27] SHARP, John. *Visual C# 2005 krok za krokem*. Brno: Computer Press, a. s 2006. 528 stran. ISBN: 80-251-1156-3
- [28] LACKO, Luboslav. *Programujeme mobilní aplikace ve Visual Studiu .NET*. Brno: Computer Press, a. s 2004. 480 stran. ISBN: 80-251-0176-2
- [29] NAIR, Jayan. *Asynchronous Socket Programming in C#: Part I* [online]. October 6, 2005, [cit. 2008-04-22]. Dostupné z WWW: http://www.codeguru.com/csharp/csharp/cs_network/sockets/article.php/c7695/
- [30] Vodafone Czech Republic a.s., *Vodafone – Vyberte si tarif* [online]. 2008, [cit. 2008-05-20]. Dostupný z WWW: <http://eshop.vodafone.cz/tariff.htm?ttype=0&lang=cs>
- [31] ON Semiconductor, *NiCD and NiMH Battery Charge Controller* [online]. 25. 7. 2005, [cit. 2008-05-20]. Dostupný z WWW: http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/MC33340-D.PDF
- [32] National Semiconductor Corporation, *LM2574/LM2574HV SIMPLE SWITCHER 0.5A Step-Down Voltage Regulátor* [online]. 30. 6. 1999, [cit. 2008-05-20]. Dostupný z WWW: <http://www.national.com/ds.cgi/LM/LM2574.pdf>
- [33] National Semiconductor Corporation, *LM193/LM293/LM393/LM2903 Low Power Low Offset Voltage Dual Comparators* [online]. 12. 8. 2002, [cit. 2008-05-20]. Dostupný z WWW: <http://www.national.com/ds.cgi/LM/LM193.pdf>

Příloha A

Schéma zapojení

Příloha B

Obsah přiloženého CD

Stromová struktura přiloženého CD:

```
[cd-rom]
├─[Elektronická verze diplomové práce]
│   ├──[Doplňkové dokumenty]
│   └──[Zdroje]
├─[Fotografie]
├─[podklady pro výrobu DPS]
│   ├──[inteligentni monitorovací zarizeni]
│   └──[zalozni napajeni]
├─[Software]
│   ├──[PC - Setup aplikace]
│   ├──[PC - testovací verze]
│   ├──[PC - uživatelská verze]
│   ├──[PDA-PocketPC]
│   └──[Podpůrné aplikace]
└─[Zdrojové kódy]
    ├──[Firmware mikrokontroléru - CVAVR C]
    ├──[PDA - Visual C#]
    ├──[Setup aplikace - Visual C#]
    ├──[Testovací verze - Visual C#]
    └──[Uživatelská verze - Visual C#]
```

Příloha C

Zdrojové kódy

Vzhledem k rozsáhlosti zdrojových kódů jsou tyto uloženy na přiloženém CD v následujících adresářích:

```
[cd-rom]
└─[Zdrojové kódy]
    ├──[Firmware mikrokontroléru - CVAVR C]
    ├──[PDA - Visual C#]
    ├──[Setup aplikace - Visual C#]
    ├──[Testovací verze - Visual C#]
    └─[Uživatelská verze - Visual C#]
```